

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

Digital Business Ecosystem

Bc. Filip Mezera

Diplomová práce
2009

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav systémového inženýrství a informatiky
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Filip MEZERA**

Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**

Studijní obor: **Informatika ve veřejné správě**

Název tématu: **Digital Business Ecosystem**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Předpokládá se, že diplomová práce bude obsahovat:

1. Specifikace tématu, základní pojmy z oblastí (DBE, Knowledge management atd.).
2. Návrh příkladu využití DBE ve veřejném sektoru (veřejné správě).
3. Řešení a analýza vybraného příkladu.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

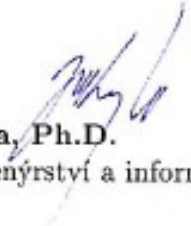
Seznam odborné literatury:

NACHIRA F. et al. (eds.). Digital Business Ecosystem. 2007.

COLLISON, C.; PARCEL, G. Knowledge Management. 1st ed. 2005.
ISBN 80-251-0760-4.

RAO, M. Knowledge management tools and techniques : practitioners
and experts evaluate KM solutions. 1st ed. 2005. ISBN 0-7506-7818-6.

Vedoucí diplomové práce:


doc. Ing. Jiří Křupka, Ph.D.
Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání diplomové práce:

6. října 2008

Termín odevzdání diplomové práce:

1. května 2009



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.
děkanka

L.S.


doc. Ing. Jiří Křupka, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 6. října 2008

SOUHRN

Tato práce popisuje Digital Business Ecosystem. Zaměřuje se především na dvě části DBE. Těmi jsou Knowledge management a systémy pro podporu rozhodování. Tyto termíny jsou popsány v první části práce. Druhá část je věnována popisu programu, který byl vytvořen na základě platformy Visual Basic Studio. Ve třetí části jsou ukázány dvě rozhodovací situace. První z nich je částečně strukturovaná, druhá je dobře strukturovaná. Na závěr tato práce obsahuje srovnání mezi použitými metodami.

KLÍČOVÁ SLOVA

digital business ecosystem, knowledge management, systémy pro podporu rozhodování, open source, veřejná správa

TITLE

Digital Business Ecosystem

ABSTRACT

This thesis tries to describe Digital Business Ecosystem. Focus is on parts of DBE – Knowledge management and Decision Support Systems. These terms are described in the first part of this work. Second part is dedicated to describe a program, which was made on base of Visual Basic Studio. Third part show functions on two decision making situation. First one is semi structured and second is well structured situation. After that this work contains comparison between used methods.

KEYWORDS

digital business ecosystem, knowledge management, decision support systems, open source, public administration

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Za odbornou pomoc, zapůjčení literatury a vedení této práce děkuji docentu Ing. Jiřímu Křupkovi. Dále děkuji Bc. Pavlu Neškudlovi za připomínky k funkcím programu.

Obsah

Obsah.....	7
Úvod.....	1
Základní pojmy a specifikace tématu.....	3
1.1 Digital Business Ecosystem.....	3
1.2 Service faktory enviroment.....	4
1.3 Knowledge management.....	5
1.4 Systémy pro podporu rozhodování.....	7
Návrh využití DBE ve veřejné správě.....	12
1.5 Možnosti využití.....	12
1.6 Nástroje.....	13
1.7 Návrh programu.....	13
1.8 Grafické rozhraní.....	18
Řešení a analýza vybraného příkladu.....	19
1.9 Rekonstrukce Pardubického plaveckého bazénu.....	19
1.10 Stavba rychlostní silnice R35.....	32
1.11 Hodnocení rozdílů mezi metodami.....	42
Závěr.....	46
Bibliografie.....	48
Literatura.....	48
Internetové zdroje.....	48
Seznam zkratk.....	49
Seznam obrázků.....	50
Seznam tabulek.....	52
Seznam grafů.....	52
Přílohy.....	53
Příloha 1: vytvoření a spočítání matice kritérií Fullerova trojúhelníku.....	53
Příloha 2: výpočet konečné hodnoty skóre Fullerova trojúhelníku.....	53
Příloha 3: vytvoření matice kritérií tříúrovňového AHP.....	54
Příloha 4: třída Fuzzy Number.....	54

Úvod

Lidská společnost je založena na sdílení informací. Už v pravěku se naši předci odlišili od ostatních živých tvorů díky tomu, že se neřídili jen svými instinkty a vlastní zkušeností, ale i cíleným sdělováním poznatků méně zkušeným členům. S vynálezem písma se šíře poznání dále zvětšila, přesto základem vzdělání byl stále ústní výklad ve školách. V období raného středověku se téměř výlučným strážcem kultury staly kláštery, které schraňovaly a uchovávaly cenné památky písemnictví. Vzestup měšťanstva, rozmach obchodu a větší diferenciací řemesel, přinesla i větší samostatnost univerzit na církevních autoritách. Díky tomu se názory, dříve nevyslovitelné, staly diskutovanými. První „informační explozi“ však vyvolal až vynález knihtisku. Kniha se stala dostupnější i pro tehdejší méně privilegované vrstvy. Tím vzrostl potenciál společnosti jako celku.

Další krok nastal s vládou tzv. osvícených absolutistů, pro které se obyčejný člověk změnil z hrubé pracovní síly v občana, což podnítilo další růst vzdělanosti. Bez ní by následující průmyslová revoluce nenaplnila tak rychle svůj potenciál a nestala se odrazovým můstkem do informační společnosti. Telegraf, telefon, rádio a film se staly prostředky sdělování lidských zkušeností. Celý svět je nyní okolím každého člověka. Tento nárůst informačních možností se ale nezastavil, naopak dále zvyšuje tempo. Nově nabízených možností je mnoho, které z nich však budou krokem vpřed? To nikdo dopředu neodhadne. Informační technologie vytvářejí svůj vlastní ekosystém, v němž úspěšné principy jsou dále rozvíjeny, vytvářejí nové specifikace. Ty méně úspěšné se buď vytráčí, nebo zůstanou uchovány, aby se ve chvíli jejich potřeby znovu objevily.

Tento digitální ekosystém funguje bez toho, že by ho někdo musel popsat či podporovat, je prostou skutečností, která však skýtá mnoho příležitostí. Proto se nyní stal terčem zájmu nejen vědců, ale i institucí včetně těch patřících pod Evropskou unii. Má práce nemá snahu popsat a postihnout všechny možnosti a přístupy k DBE. Naznačuje pouze jednu z mnoha možných cest. Je orientována prakticky s tím, že případný čtenář si může doplnit potřebné informace pomocí odkazů na použité prameny a literaturu.

Onou zmiňovanou cestou je open source program na podporu rozhodování. Při jeho programování využiji obecně známé nebo zaznamenané poznatky především z oblasti analyticko – hierarchického procesu (zkráceně AHP). Při automatizaci systému na podporu rozhodování pak bude zapotřebí vytvořit matematickou část programu, která však musí splňovat všechny požadavky kladené na systém pro podporu rozhodování. Ověření bude probíhat experimentálně za pomoci obvyklých příkladů.

Ve třetí kapitole budou představeny nejdůležitější části programu za pomoci pseudokódu. Zdrojový kód je pro zájemce popsán v přílohách. Jedná se opět jen o ty části, které jsou z určitého hlediska zajímavé.

Ve čtvrté části pak budou popsány dva příklady tak, aby byly představeny možnosti, funkce a ovládání programu. Zde bude také ukázáno ověření matematické části. To bude probíhat za pomoci dalších programů. Především se jedná o Microsoft Excel 2007 a Matlab 7.0.1. Zde budou také zobrazeny limity systémů pro podporu rozhodování. Ty vycházejí z toho, že výběr kritérií a jejich ohodnocení je záležitostí subjektivní a vyžaduje znalost daného problému. Bez splnění tohoto předpokladu nemůže být rozhodnutí nikdy kvalitní.

Dále zde budou uvedeny další možnosti na zlepšení tohoto programu, především v zobrazení výsledků. Ty jsou pro mnoho lidí „čitelnější“ s pomocí grafických prvků jako jsou grafy. Zároveň s těmito návrhy provedu komparaci použitých metod, jejich silných a slabých stránek.

Základní pojmy a specifikace tématu

1.1 *Digital Business Ecosystem*

DBE (Digital Business Ecosystem) je z technologického pohledu platforma P2P, která vytváří prostředí digitální sítě. Ta je vhodná především pro malé a střední podniky, ale těžit z ní mohou i velké podnikatelské subjekty, státní správa nebo samospráva. Software pro DBE je poskytován jako open source (otevřený kód), čímž je možné ho dále upravovat podle potřeb jednotlivých subjektů. Vzhledem k tomu je možné užití vlastních směrnic, což vede mimo jiné i ke snížení bezpečnostního rizika.

DBE je popisováno jako zdrojově otevřená internetová inteligentní infrastruktura s volným přístupem, díky němuž mohou jednotlivé subjekty spolupracovat i soutěžit a to ze stejné pozice. Umožňuje jim například snadný vývoj služeb a jejich napojení na stávající tzv. „legacy aplikace“¹. K tomu se využívají efektivní nástroje tzv. „software factory“ – softwarové továrny. Dále zpřístupňují služby a aplikace, které obsahují jednoduchou formální specifikaci a zároveň jakoukoliv potřebnou a relevantní informaci (např. používané licenční podmínky nebo obchodní modely). DBE zároveň podporuje skládání, spojování a migraci služeb a znalostí. Takovýto ekosystém se sám od sebe vyvíjí, přizpůsobuje se aplikovanému prostředí (včetně koncového uživatele), přičemž mu nehrozí kontrola nebo dominance jediné organizace.

Z hlediska regionálního rozvoje jsou výhodami DBE především vyšší stupeň rozšíření ICT, lepší vyrovnání s důsledky globalizace, integrace trhů, posílení sektoru služeb, častější využívání open source softwaru jak v podnikové sféře, tak ve sféře veřejné správy a v neposlední řadě rozvíjí příležitosti ke spolupráci mezi firmami, veřejným sektorem a akademickou obcí.

Internet se na poli lidského zacházení s daty stal globální obchodní platformou. Webové technologie znamenají zásadní pomoc pro průmysl i obchod. Nynější internetové služby spojují mnoho rozdílných systémů, informací a meta-modelů, čímž zjednodušují integraci komunikačních a výkonných úrovní. S vytvořením nových principů a technik, Internet se mění z pouhého informačního systému na integrovanou služební platformu. Možnosti, které se nabízejí, posouvají Web technologie z pozic implementování algoritmů. Ohniskem se tak stává plnění (přepis) obchodních potřeb. S tím je spojeno rozdělení na dva základní trendy v softwarovém inženýrství.

¹ Legacy aplikace – zděděné původní aplikace, které jsou pro chod firmy nepostradatelné

První je stále zaměřený na technickou stránku. Komplexní softwarový systém vyžaduje odborné technicko-inženýrské znalosti. Například Web Service jako nejnižší level spojovací technologie, zajišťuje základní integraci různých výkonných prostředí, jakými jsou například J2EE, .NET a další. Proto je nutné integrovat existující systémy s obchodními modely i novými koncepty. Tento přístup však nezaručí popis věci či služby jako celku.

Druhý trend (více abstraktní) je zaměřen na obchodní procesy, informace o kontraktech a zohledňuje aspekty funkcionality. Celkově se snaží o větší pochopení pomocných služeb. To umožňuje spojování jednotlivých služeb do řetězců či skupin v rámci adaptabilního a optimalizovaného distribuovaného prostředí.

DBE není klasický projekt. Dá se popsat jako Meta-projekt využívající modelů existujících softwarových projektů a jejich interakcí. Funkční a technické specifikace těchto projektů nejsou při návrhu DBE známé. Z tohoto důvodu je DBE prostředím pracujícím s vrstvami, meta-modelováním jako s hlavními principy. Běžně se pohled soustředí na dvě základní teze: „Service factory environment“ a výkonné (execution) prostředí.

[7]

1.2 Service factory environment

Service factory Environment je určeno k definici a vývoji služeb. Klient DBE používají toto prostředí k popisu a vývoji softwaru z již hotových, předzpracovaných implementací a integrací. V této fázi projektů se obvykle používají existující nástroje, v DBE můžeme vytvořit naše vlastní nástroje. Obvykle se jedná o uzavřený proces, který končí s aplikací hotového softwaru. Na druhé straně je zde předpoklad nekonečného vývoje „Service Factory“. Tato paralelní struktura je někdy pojmenována jako desénový čas DBE. Prostředí Service Factory může být rozděleno na tři části:

1. Obchodní (modelová) specifikace, kde je vytvořen obchodní model služby (BML)
2. Specifikace uživatelského rozhraní, ve kterém je služba technicky popsána a především jsou popsány specifické funkce (SDL)
3. Kódování, které předchází funkce přidá do již fungujícího systému (Java)

Báze znalostí tak obsahuje všechny vytvořené typy a modely a tím umožňuje jejich budoucí opětovné užití. [7]

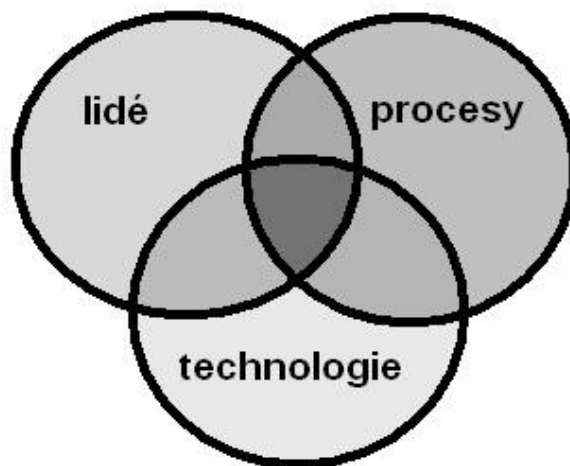
1.3 Knowledge management

Existuje mnoho definic toho, co je to Knowledge management, jedna z nejčastěji uváděných zní:

„Knowledge management je jednoznačně určený a systematický management důležitých znalostí – a s ním spojené procesy vytváření, organizování, propojování, používání a zkoumání.“

(COLLISON - PARCEL 2005, str. 27)

Management znalostí je hybridní disciplínou. Nelze přesně určit, zda jde o vědu či dovednost. Z funkčního hlediska propojuje oblast rozvoje a učení organizace, informační systémy a řízení lidských zdrojů. Toto překrytí výše zmíněných oblastí se dá vyjádřit pomocí následujícího obrázku.



Obrázek 1: prvky managementu znalostí (zdroj: Collison-Parcel 2005, str. 23)

Z něj vyplývají především základní prvky managementu znalostí. Těmi jsou:

- spolehlivá jednotná technologická infrastruktura, která umožní sdílení znalostí;
- spojení lidí, kteří mají znalosti a jsou ochotni je sdílet a učit se;
- zavedené procesy pro zjednodušení sdílení, ověřování a extrakci znalostí.

[1], [2]

1.3.1 Znalost

„V dnešní době si mnoho lidí stěžuje na přetížení informacemi, ale nikdy jste nikoho neslyšeli stěžovat si na „přetížení znalostmi“.“

(COLLISON – PARCEL, 2005. str. 173)

Základní rozdíl je lehké rozeznat již z hierarchie, kde vymezení pozice znalostí v hierarchii pojmů data, informace a znalosti je takováto²:

1. Data: fakta, obrázky, zvuky
2. Informace: formátovaná, filtrovaná a sumarizovaná data
3. Znalosti: instinkty, ideje, pravidla a procedury, které vedou akce a rozhodnutí

Znalosti mohou být definovány jako vědomosti získané zkušeností. S původními daty souvisejí, ale jsou bohatší ve smyslu pochopení vztahů a můžeme s jejich pomocí činit rozhodnutí. Zkušenost v tomto ohledu nemusí být přímá (nemusí být jedincem zažitá), ale může být sdílená. Právě správa sdílených zkušeností je hlavní náplní knowledge managementu.

[1], [8]

1.3.2 Prostředky a technologie knowledge managementu

Základem knowledge managementu jsou dvě jeho polohy, zachycení a komunikace. První klade důraz na získání a kodifikaci určité znalosti. Zároveň se snaží o sjednocení a distribuci této znalosti. Patří mezi ně různé informační balíky, interní sdělení, znalostní báze nebo webové stránky.

Druhá se snaží zvětšit propojení mezi lidmi. Toho dosahuje budováním procesů a technologií, které stimulují vazby mezi aktéry. Mezi tyto nástroje se řadí pracovní komunity a sítě, nástroje pro spolupráci nebo adresáře znalostí.

Tyto dvě polohy jsou extrémy knowledge managementu. Obvyklé řešení se nachází někde mezi těmito dvěma body. DBE vychází a využívá obou těchto možností. Jeho základní vlastností je využívání podobného známého řešení a jeho případná optimalizace na nový problém. Zároveň se uchovávají a sjednocují nejvyužívanější řešení a vytváří se tak robustní nástroj.

Právě získávání a sdílení znalostí je jedním z pilířů, na nichž stojí DBE. Může se jednat jak o bázi znalostí a její spravování, tak i řízení přístupu ke znalostem³. Mezi využitelné technologie patří:

- Intranet - ideální prostředek pro sdílení znalostí
- Systémy pro správu dokumentů – vytváří bázi explicitních znalostí

² více viz. [4], str. 25-36

³ Odborná literatura se vyhýbá termínu učení, který je sice jednou z částí řízení přístupu ke znalostem, ale neoznačuje celý problém a je zavádějící.

- Stroje pro znovuzískávání informací – zvyšují rychlost a preciznost nalézání informací
- Groupware a workflow systémy – zvýšení výměny informací a jejich kodifikace a řazení do báze znalostí
- Push technologie – automatizace přenosu informací ke konečnému uživateli
- Help-desk aplikace – uspokojení interních a externích požadavků na informace, možnost zlepšování služeb
- Brainstorming aplikace – konverze tacitních (neuvědomělých, skrytých) znalostí do znalostí explicitních
- Datové sklady a nástroje dolování v datech – maximalizuje využití již známých vztahů nebo objevuje vztahy nové (skryté)
- Systémy pro podporu rozhodování – automatizace rozhodovacích procesů

[1], [2], [8]

1.4 Systémy pro podporu rozhodování

Pro systémy pro podporu rozhodování (angl. Decision Support System – DSS) neexistuje jednotná definice. Každý autor odborného textu ji sám sestaví s ohledem na to, co považuje za nejdůležitější část DSS. Původní definice systémů pro podporu rozhodování (DSS) je identifikovaly jako systémy k podpoře manažerských rozhodnutí u méně strukturovaných rozhodovacích situací. To znamenalo, že DSS měly pomoci těmto manažerům zvýšit jejich možnosti v oblasti rozhodování, nikoliv je nahradit. Byly vytvořeny pro situace, které se nedaly kompletně vyřešit algoritmy, ale přesto bylo potřeba učinit kvalifikované rozhodnutí. Původní definice v sobě obsahovaly zmínky, že systémy jsou založeny na počítačovém zpracování, mohou operovat interaktivně online a přirozeně preferují grafické výstupy.

Celkově by taková aplikace měla být jednoduchá, robustní, s jednoduchou kontrolou, adaptivní, jasná a kompletní v zásadních otázkách a s jednoduchou komunikací s rozhodovatelem. Důležitá je především podpora u specifických, neopakujících se a nestrukturovaných problémů. Aplikace využívá data, poskytuje jednoduchý interface a dokáže spolupracovat s rozhodovatelem tak, že vnímá jeho vlastní hledisko. Dále obvykle podporuje celý proces rozhodování a může obsahovat znalostní komponentu. Liší se také podle užití buď uživatelem u jednoho počítače, nebo je založená na webové technologii, a pak je využívána množstvím lidí na různých místech.

[6], [7], [10]

1.4.1 Rozhodovací proces

Řešením vícekriteriálního rozhodovacího procesu se rozumí postup, který vede k nalezení „optimálního“ stavu systému vzhledem k většímu množství uvažovaných kritérií. Takový postup se rovněž nazývá vícekriteriální optimalizace. Vzájemně provázané činnosti, které u rozhodovacích procesů uplatňujeme a které tvoří jejich náplň, lze charakterizovat jednotlivými složkami (prvky, fázemi, etapami apod.)

- formulace a stanovení cílů rozhodovacího problému,
- volba kritérií pro rozhodování,
- tvorba souboru variant řešících daný problém,
- zhodnocení důsledků variant vzhledem k rozhodovacím kritériím,
- stanovení důsledků variant při změnách vnějších podmínek,
- konečné rozhodnutí, tj. výběr varianty (variant) řešení problému.

Rozhodovací proces, který obsahuje všechny tyto fáze, se nazývá rozhodovací proces v širším slova smyslu. Rozhodovací proces v užším smyslu neobsahuje formulaci cílů, kritérií a rozhodovacích variant. Tyto jsou již předem definovány⁴.

[3],[4],[10]

1.4.2 Prvky vícekriteriálního rozhodovacího procesu

Prvky vícekriteriální rozhodovací úlohy myslíme především následující:

- cíl rozhodování,
- subjekt a objekt rozhodování,
- kritéria (vlastnosti, atributy, charakteristiky, hlediska),
- varianty (někdy též alternativy, možnosti, prvky),
- stavy světa (scénáře rozhodování).

[3], [6]

⁴ obrázek popisující fungování AHP naleznete:

Cílem rozhodování myslíme budoucí (optimální) stav systému vyplývající z nutnosti učinit rozhodnutí. Tohoto cíle se dosahuje realizací určité přípustné varianty rozhodování. Cíl se obvykle hierarchicky rozloží do dílčích cílů (subcílů), které pro nás představují rozhodovací kritéria.

Rozhodovací kritéria jsou různé povahy. Od fyzikálních, technických nebo technologicky měřitelných vlastností, přes ekonomická kritéria vyjadřovaná peněžními jednotkami až k neměřitelným subjektivním kritériím typu krásy, vůně, morálka aj. Můžeme u nich dále rozlišit, zda existují nezávisle na naší vůli – v tom případě se jedná o charakteristiky, eventuálně vlastnosti, jindy kritéria úmyslně vytváříme – pak hovoříme o attributech. Pro účely této práce postačíme s jednoduchou interpretací kritéria jako určitého hodnotícího hlediska, jež bereme v úvahu při rozhodování. Základem pro stanovení souboru kritérií je soubor dílčích cílů řešení rozhodovacího problému. Některé dílčí cíle se však netransformují do podoby kritérií, nýbrž do omezujících podmínek k redukci souboru rozhodovacích variant.

Variantami mohou být nejrůznější prvky, které má smysl vzájemně porovnávat, nebo, v užším kontextu, přicházejí v úvahu pro výběr v určitém procesu rozhodování. Například zákazník se rozhoduje při koupi mezi výrobky určitého typu (automobily, počítače aj.), ředitel podniku rozhoduje mezi různými perspektivními výrobními programy, různými variantami marketingových strategií, různými kandidáty na řídicí funkce v podniku apod.

Subjektem rozhodování může být jednotlivec nebo skupina jednotlivců (podnik, instituce apod.), která rozhoduje.

Protipólem subjektu rozhodování je objekt rozhodování, který představuje systém, v němž je formulován rozhodovací problém, cíl, kritéria, i varianty rozhodování.

Důsledky variant vyjádřené jako hodnoty kritérií jsou buď jednoznačné, nebo závislé na stavech světa (stavech systému, scénářích apod.) Ty jsou chápány jako vzájemně se vylučující stavy té části okolí rozhodovacího systému, která je mimo kontrolu rozhodovatele. Náhodné faktory okolí se obvykle považují za (diskrétní) náhodné veličiny určující stavy světa.

[4], [6], [9]

1.4.3 Párové porovnávání

„Proces párového porovnávání, který je základem AHP, se odlišuje od známého jednoduchého přiřazování čísel k alternativám podle jejich pořadí. Jedna věc je přiřadit číslo k měřitelnému množství jako části k celku, pracujeme-li s veličinami jako je například délka, vzdálenost, hmotnost a podobně, jiná věc je odvodit číslo z reálných skutečností, v situaci, kdy

neexistuje žádný způsob měření těchto reálií. AHP je proces zachycující vnímanou realitu systematickým způsobem odlišným od jen na libovůli závislejícím přiřazováním čísel.“

(RAMÍK, 1999. Str. 9)

1.4.3.1 Fullerova metoda

Tato metoda se objevuje ve více modifikacích, přičemž základ však zůstává stále stejný. Jde o společné zjišťování síly dvojic kritérií. Nejsnazší je jednoduché porovnání preferencí všech kritérií v souboru. Tato metoda, zvaná též Fullerův trojúhelník⁵, v sobě skrývá dvě problémové části. První z nich je obsažená už v samotné konstrukci Fullerova trojúhelníku. Poslední kritérium získává nulovou preferenci i přesto, že má mít svou váhu, když bylo mezi kritéria zařazeno. Tohoto problému se zbavíme, když využijeme vzorec:

$$k_i = n + 1 - p_i$$

Kde k_i je nenormovaná váha kritéria, n počet kritérií a p_i je pořadí i -tého kritéria v jeho preferenční uspořádání. V e své podstatě jde o přidání dalšího (imaginárního) kritéria s nulovou váhou.

Druhou nevýhodou je, že udává pouze směr, nikoliv už síla preferencí, což rozhodnutí činí spíše orientačním. Právě však jednoduchost, rychlost a snadná pochopitelnost tuto metodu rehabilitují.

[4], [6]

1.4.3.2 Saatyho metoda

Saatyho metoda již počítá i s velikostí preference. Proto je nutné vytvořit tabulku, kde jsou kritéria zapsána ve stejném pořadí (někdy se doporučuje zápis kritérií v pořadí odpovídajícím jejich preferencím, což zvláště u složitějších úloh poskytuje větší přehlednost a lepší kontrolu výsledků, není to však podmínkou). Velikost zvolené preference se pak vyjadřuje určitým počtem bodů ze zvolené bodové stupnice. Je doporučována Saatyho stupnice od 1 do 9⁶. Tímto způsobem získáme pravou horní část Saatyho matice prvního stupně⁷. Další prvky získáme podle vztahů:

$$s_{ii} = 1 \text{ pro všechna } i,$$

$$s_{ji} = 1 / s_{ij} \text{ pro všechna } i \text{ a } j.$$

Váhy pak můžeme stanovit jak aproximativními tak exaktními postupy. Hrubý odhad jednoduše získáme, když sečteme prvky v každém řádku a vydělíme je sumou všech prvků

⁵ konstrukce Fullerova trojúhelníku je popsána v knize str. 125 - 126

⁶ Saatyem doporučovaná bodová stupnice i s deskriptory je popsána v knize str. 127

⁷ nazývá se také matice velikostí preferencí nebo matice relativních důležitostí

matice. Exaktní postup je využívá vlastního vektoru matice relativních důležitostí nebo metody nejmenších čtverců⁸.

[6], [7]

1.4.3.3 Stanovení vah pomocí stromu kritérií

Často, zvláště u velkého počtu kritérií, je výhodnější srovnání kritérií v určitých skupinách. Tomu se říká stanovení vah pomocí stromu kritérií (resp. metoda postupného rozvrhu vah). Takto se stanoví nejdříve váhy skupin kritérií za pomoci např. Saatyho metody, dále se stanoví (pomocí stejné metody) váha kritéria ve skupině. Tyto dvě hodnoty se roznásobí a vznikne celková váha kritéria. Díky tomu, že jak váha skupiny, tak kritéria ve skupině je normována, je normována i konečná váha kritéria.

[6], [7]

1.4.4 Fuzzy AHP

Fuzzy AHP využívá tzv. fuzzy čísel, tedy čísel, jejichž hodnota je neostrá. Mají svůj střed (podle, kterého se fuzzy číslo určuje) a dále levou a pravou stranu. Ty určují množinu všech číselných možností fuzzy čísla. Tyto možnosti nemají stejnou hodnotu přiřazení – nejvyšší je ve středu a nejnižší je právě na stranách. Pomocí těchto vlastností se dá vyjádřit nejistota. Například rychlost automobilu v obci se dá vyjádřit fuzzy číslem 50 s levou stranou 0 a pravou 100.

Fuzzy čísla umožňují dvě základní operace a těmi jsou sčítání a násobení. Obě se provádí tak, že provedeme stejnou operaci s levou a pravou stranou a stejně tak se středem čísla.

Při rozhodování mezi variantami tak vypočteme váhu varianty pomocí vzorce:

$$v_i = w_1 * u_{1i} + w_2 * u_{2i} + \dots + w_n * u_{ni}, \text{ platí pro všechna } i \text{ a } n$$

kde v_i je váha varianty, w_n je váha kritéria a u_{ni} je váha i -té varianty v rámci n -tého kritéria.

[6]

⁸ spolu s aproximativními popsáno v [6] str. 127-128

Návrh využití DBE ve veřejné správě

Jedním z možných využití DBE ve veřejné správě je oblast knowledge managementu. Knowledge management je jednou z možností, jak zlepšit fungování veřejné správy. Její služby občanům nejsou přímo placeny a nedají se často přesně vyjádřit peněžními jednotkami, proto je nesnadné určit jejich kvalitu, popřípadě efektivitu. Přesto je nutné tyto dvě věci zajistit. Zvyšování efektivity pomocí knowledge managementu je díky velkému počtu institucí veřejné správy dobrou příležitostí. Jednotlivé instituce totiž řeší podobné nebo dokonce stejné případy. Proto je možné využít obou poloh knowledge managementu, tedy jak zachycení, tak komunikace.

Zachycení znalosti je dobrým prostředkem v případě, že znalost je explicitní, jasně vyjádřitelná. Tuto vlastnost splňují systémy pro podporu rozhodování. Matematický základ rozhodování je přesně stanovený. Tyto systémy pak následně pomáhají úředníkům, kteří sami nemusí mít obsáhlé znalosti v rámci matematiky a i když je mají, systém zajistí, že rozhodnutí bude konzistentní a rychlejší než tohoto programu. Opensourcový základ pak dává příležitost upravit program přímo potřebám dané organizace. Z tohoto důvodu jsem se snažil o co největší jednoduchost a to jak u zdrojového kódu, tak v oblasti grafického zpracování.

1.5 Možnosti využití

Tento program na podporu rozhodování lze využít v jakékoliv situaci, ve které máme stanovená kritéria a alternativy. Kritéria mohou být jak kvalitativní, tak kvantitativní povahy. Přestože se jedná o subjektivní hodnocení těchto kategorií, tak je jednoduché provést kontrolu. Zpětně je tak možné rozhodnutí zhodnotit a vyvodit zodpovědnost. To je zvláště u veřejné správy, kde je kontrola jednou z prioritních oblastí, důležitou možností.

Jak již bylo řečeno, samotné AHP je velice dobře jak v knihách, tak v článcích na internetu⁹ popsáno. Pomocí těchto textů a tabulkových procesorů (Microsoft Excel nebo aplikace Open Office) lze samozřejmě dospět rovněž ke správnému rozhodnutí. Tento přístup však vyžaduje určité znalosti a dovednosti. Zároveň si tento postup vyžádá poměrně dlouhý čas i u zkušeného uživatele. Mou snahou pak bylo AHP zautomatizovat tak, aby ho lehce zvládli i osoby, které neznají přímo jeho podstatu, a aby cíl rozhodování mohl být rychle zjištěn.

⁹ např.: <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/AHP/index.html>

1.6 Nástroje

Pro programování jednoduchého programu se nabízí především programovací jazyk JAVA, který je nejčastější volbou vývojářů zaměřujících se na opensource. Sílu této komunity si ale uvědomují i společnosti, které se soustředí na firemní trh. Za prvé je takto vytvořeno množství programů, které je možné využívat se stávajícím softwarem, za druhé se na levných nástrojích učí mladí programátoři, kteří poté raději pracují se známými programy. Proto Microsoft vydal verzi Visual Studio 2008 pod názvem Express Edition.

Visual Studio 2008 Express Editions jsou vývojové nástroje základní úrovně, které jsou zdarma, jsou jednoduché a dají se snadno zvládnout. Jsou určeny začátečníkům a hodí se k vytváření jednoduchých aplikací pro Windows a jednoduchých interaktivních webových stránek. Nástroje nejsou svým charakterem, i svými vlastnostmi určeny pro vývoj složitějších aplikací nebo kritických provozních aplikací, i když jejich tvorba v Express nástrojích ani jejich následná distribuce není licenčně omezena.

[15]

1.7 Návrh programu

Základním principem bylo navrhnutí jednoduchého systému na podporu rozhodování, který však bude splňovat všechny požadavky již šířených systémů. Proto bylo nutné zvláště po provedení automatizace znovu ověřit správnost použitých řešení. Toto testování je ukázáno na dvou příkladech v kapitole 4. Proto se jím nyní nezabývám.

Vzhledem k tomu, že situace rozhodování se často velmi liší, není možné použít jednu univerzální metodu. Proto jsem vybral čtyři, které samozřejmě mohou být použity na jeden příklad. Vzhledem k rozdílné matematice těchto metod, se mohou lišit i konečné výsledky. S tím musí uživatel počítat, protože tento program jen podporuje rozhodování, nikoliv rozhoduje.

1.7.1 Funkce programu

Byly vybrány tři základní metody pro podporu rozhodování: Fullerův trojúhelník, Analyticko-hierarchický proces (AHP) a Fuzzy AHP. Analyticko-hierarchický proces je dále rozčleněn na tříúrovňový a čtyřúrovňový, který je obvykle vhodnější pro dobře strukturované úlohy s velkým množstvím kritérií.

1.7.2 Fullerův trojúhelník

Metodu Fullerova trojúhelníku jsem upravil do podoby matice, kterou počítač umí lépe zpracovat. Vytvoření matice spolu s výpočtem vah kritérií provádí procedura „ComputeCriterionWeights¹⁰“:

Vytvoř Matici $A(i,j)$, kde $i = j =$ Počet kritérií

Když $i = j$ pak $A(i,j) = 0,5$

Když váha kritéria 1 je větší než kritéria 2

pak $A(1,2) = 1$ a $A(2,1) = 0$

jinak $A(1,2) = 0$ a $A(2,1) = 1$

Váha kritéria je spočítána takto:

Suma řádku $i = A(i,1)$ až $A(i,j)$

Suma Matice $A(i,j) = A(1,1)$ až $A(i,j)$

Váha kritéria $i =$ Suma řádku $i /$ Suma Matice A

Podobně je tomu i v případě variant. Zde ale bylo nutno počítat i s tím, že jsou dvě varianty naprosto totožné. V tom případě se do matice vyplňuje hodnota 0,5 jak v řádku, tak ve sloupci těchto stejných kritérií. Provádí ji procedura s názvem „SvaVariantValues¹¹“:

Vytvoř Matici $B_k(i,j)$, kde $i = j =$ Počet variant

Když $i = j$ pak $B_k(i,j) = 0,5$

Když váha varianty 1 je větší než varianty 2

pak $B_k(1,2) = 1$ a $B_k(2,1) = 0$

Když váha varianty 1 = váha varianty 2

pak $B_k(1,2) = 0,5$ a $B_k(2,1) = 0,5$

jinak $B_k(1,2) = 0$ a $B_k(2,1) = 1$

Vypočet váhy varianty je součástí procedury „ComputeScore“:

Suma řádku $i = B_k(i,1)$ až $B_k(i,j)$

Suma Matice $B_k(i,j) = B_k(1,1)$ až $B_k(i,j)$

Váha varianty $i =$ Suma řádku $i /$ Suma Matice B_k

¹⁰ zdrojový kód v příloze 1

¹¹ zdrojový kód vzhledem k podobnosti s předcházející procedurou „ComputeCriterionWeight“ není uvedena v příloze

Skóre se vypočítá takto¹²:

transponovaný Vektor skóre (k) = Vektor váhy kritérií A (i) * Matice variant B (i,k)

1.7.3 tříúrovňové AHP

Tříúrovňové AHP se od metody Fullerova trojúhelníku liší především tím, že kromě směru preference zohledňuje i její velikost. K tomu bylo nutno při návrhu přihlédnout, protože automatizace neumožňuje běžné vyplnění Saatyho matice, protože by to vyžadovalo určité znalosti. Proto je na začátku nutné zjistit rozdíl mezi nejsilnějším a nejslabším kritériem (z ComboBoxCriterionDifference). Rozdíl následně určí interval, na kterém se budeme pohybovat. Dále podle vzdáleností mezi jednotlivými kritérii vyplní Saatyho matici 1. stupně¹³:

Vytvoř Matici A (i,j), kde $i = j = \text{Počet kritérií}$

Zjisti CriterionDifference

Vypočítej SumaRozdílů (x) = SumaRozdílů (x) + SumaRozdílů (x+1)

pro $x = 1$ až $x = i-1$

Vypočítej PodílovýKoeficient = CriterionDifference / SumaRozdílů (x)

Když $i = j$ pak $A (i,j) = 1$

Váha Kritéria 1 = Váha Kritéria 2

pak $A (i,j) = A(j,i) = 1$

Když Váha Kriteria 1 je větší než Váha Kritéria 2

pak $A(i,j) = 1 + (\text{SumaRozdílů } (j) * \text{PodílovýKoeficient})$

a $A (j,i) = 1/ A (i,j)$

jinak přeskoč na další kritérium¹⁴

Váha kritéria je spočítána takto:

Suma řádku i = A (i,1) až A (i,j)

Suma Matice A (i,j) = A(1,1) až A (i,j)

Váha kritéria i = Suma řádku i / Suma Matice A

¹² viz. Příloha 2

¹³ viz. Příloha 3

¹⁴ k tomu ve skutečnosti nikdy nedojde, protože matice je řazena sestupně podle váhy kritérií

Saatyho matice druhého stupně se poté vytváří a počítá ekvivalentně. Procedura pro tento výpočet se nazývá „SaveVariantValues“ a kromě výpočtu pak řeší i seřazení výsledků variant do matice¹⁵:

Vytvoř Matici $B_k(i,j)$, kde $i = j =$ Počet kritérií

Zjistí VariantDifference (k)

Vypočítej SumaRozdílů (k) = SumaRozdílů (k) + SumaRozdílů (k+1)

pro $k = 1$ až $k = i-1$

Vypočítej PodílovýKoeficient (x) = VariantDifference (x) / SumaRozdílů (z)

Když $i = j$ pak $B_k(i,j) = 1$

Váha Varianty 1 = Váha Varianty 2

pak $B_k(i,j) = B_k(j,i) = 1$

Když Váha Varianty 1 je větší než Váha Varianty 2

pak $B_k(i,j) = 1 + (\text{SumaRozdílů}(j) * \text{PodílovýKoeficient})$

a $B_k(j,i) = 1 / B_k(i,j)$

jinak přeskoč na další variantu¹⁶

Váha Varianty je spočítána takto:

Suma řádku $i = B_k(i,1)$ až $B_k(i,j)$

Suma Matice $B_k(i,j) = B_k(1,1)$ až $B_k(i,j)$

Váha kritéria $i = \text{Suma řádku } i / \text{Suma Matice } B_k$

Výpočet se pak provádí roznásobením stejně jako v případě Fullerova trojúhelníku, tedy roznásobením vektoru vah kritérií s maticí vah variant:

transponovaný Vektor skóre (k) = Vektor váhy kritérií A (i) * Matice variant B (i,k)

¹⁵ Zdrojový kód není uveden s ohledem na podobnost s předcházející procedurou

¹⁶ k tomu ve skutečnosti nikdy nedojde, protože matice je řazena sestupně od nejlepší varianty pro dané kritérium

1.7.4 čtyřúrovňové AHP

Čtyř úrovňové AHP je podobné tříúrovňovému. Rozdíl spočívá v přidání další úrovně tzv. subkritérií. Díky tomu je potřeba vytvořit tolik dalších matic, kolik je těchto skupin subkritérií. Pak je nutné vypočítat hodnotu všech kritérií. O to se stará procedura „ComputeCriterionWeights“. Výsledný výpočet se tak změní takto:

Vektor váhy kritérií A (i) = Vektor váhy kritérií ve skupinách (j) * Vektor váhy skupiny (l)

transponovaný Vektor skóre (k) = Vektor váhy kritérií A (i) * Matice variant B (i,k)

1.7.5 Fuzzy AHP

Metoda Fuzzy AHP vychází z tzv. fuzzy čísel. Bylo tedy dobré definovat novou třídu – „FuzzyNumber^{17c}“ a možné operace. Vzhledem k tomu, že je fuzzy číslo definováno středem, levou a pravou stranou (minimem a maximem), bylo zapotřebí tyto čísla ukládat do paměti. Základ tvoří fuzzy číslo 1 (0,1,2), ke kterému se připočítává index zvoleného čísla – 1:

Nové fuzzy číslo (left, base, right) = číslo 1 (0,1,2) + (index čísla – 1)

Dále bylo zapotřebí naprogramovat matematické operace, kterými jsou sčítání a násobení:

Výsledek sčítání fuzzy číslo i (l,b,r):

Výsledek levé strany (l) = fuzzy číslo 1 (l) + fuzzy číslo 2 (l)

Výsledek centra (b) = fuzzy číslo 1 (b) + fuzzy číslo 2 (b)

Výsledek pravé strany (r) = fuzzy číslo 1 (r) + fuzzy číslo 2 (r)

Výsledek násobení fuzzy číslo i (l,b,r) =

Výsledek levé strany (l) = fuzzy číslo 1 (l) * fuzzy číslo 2 (l)

Výsledek centra (b) = fuzzy číslo 1 (b) * fuzzy číslo 2 (b)

Výsledek pravé strany (r) = fuzzy číslo 1 (r) * fuzzy číslo 2 (r)

Výpočet je pak proveden následovně:

transponovaný Vektor skóre levých stran (k_l) = Vektor váhy kritérií A (i_l) * Matice variant B (i_l,k_l)

transponovaný Vektor skóre středu (k_b) = Vektor váhy kritérií A (i_b) * Matice variant B (i_b,k_b)

¹⁷ viz. Příloha 4

transponovaný Vektor skóre levých stran (k_r) = Vektor váhy kritérií A (i_r) * Matice variant B (i_r, k_f)

U fuzzy čísla se nejvíce projevila nepřítomnost grafické stránky programu. Pro lepší představu by bylo daleko lepší zobrazit výsledky v dvourozměrné grafice za pomoci os x a y a nikoliv pouze vypsát výsledná fuzzy čísla variant.

1.8 Grafické rozhraní

Jelikož se jedná o open source program, je grafické rozhraní velice jednoduché. Využívá základních grafických prvků Visual Studia, jako jsou prvky Button (tlačítko), ScrollBox (rozvinovací menu), ComboBox (šipky), TextBox (popis), RadioButton (přepínač metod) a TabControl (přepínač hodnocení variant podle kritérií). Výhodou těchto prvků je, že jejich základní funkce již poskytuje program a nemusí se tedy programovat. Dále jsou velmi snadno editovatelné, takže je možné je jednoduše upravit podle potřeb určité uživatelské skupiny.

Snahou bylo, aby grafické rozhraní bylo intuitivní a spolu s automatizací zpřístupnilo použité rozhodovací metody i neznalým uživatelům. Pro skutečné použití by přesto bylo potřeba vypracovat alespoň krátkou nápovědu. To je však vzhledem k následným možným úpravám zbytečné.

[16]

Řešení a analýza vybraného příkladu

Prvním případem je řešení rekonstrukce Pardubického bazénu. Jde o méně strukturovanou úlohu, na které je především ukázána práce s programem a jeho grafická stránka. Druhá úloha se týká stavby rychlostní silnice R35. Tato úloha je dobře strukturovaná, obsahuje však velké množství kritérií. Proto je na ní především ukázána struktura použité funkce v programu.

1.9 Rekonstrukce Pardubického plaveckého bazénu

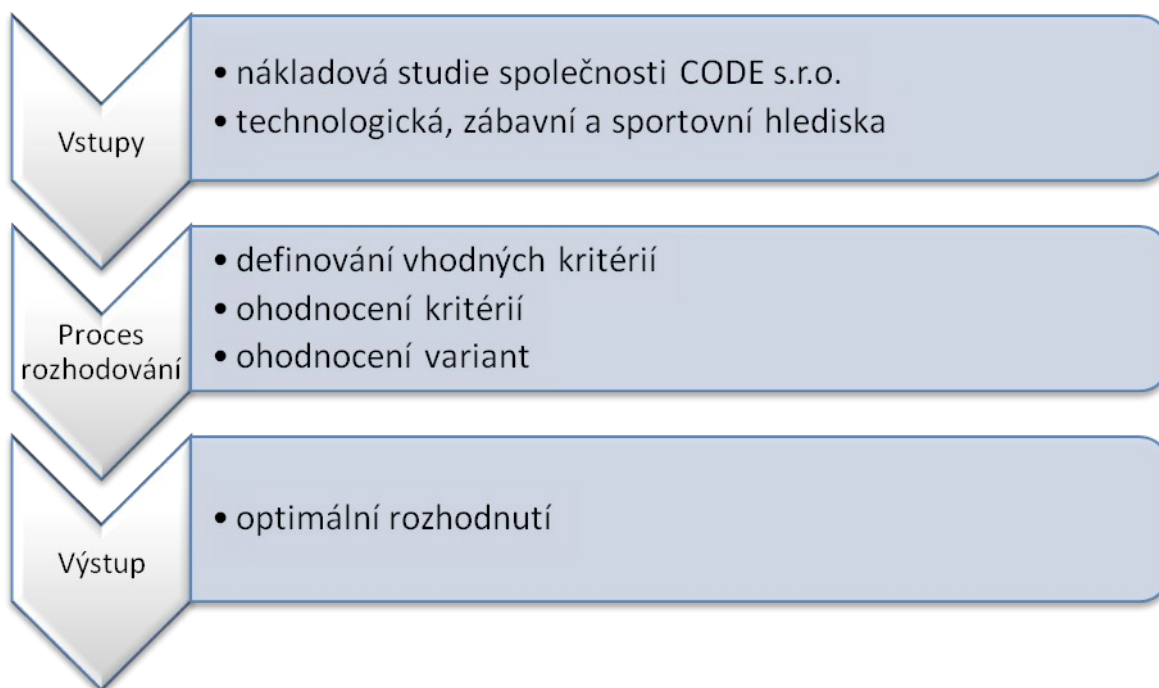
Jedním z témat, která jsou nyní řešena, je i rekonstrukce Pardubického plaveckého bazénu. Rekonstrukce je nutná nejen z technického hlediska, kde je nutné zamezit průsakům vody a zefektivnit celkový provoz bazénu, ale i z důvodu hygienických. Bazén nyní nesplňuje předepsané normy a může být v provozu pouze díky výjimkám krajského hygienika.

Město tak zadalo zpracování stavební dokumentace se základním propočtem ceny, přičemž dalším cílem bylo zatraktivnění plaveckého bazénu a snaha přilákat více návštěvníků. Celková investice se tak z původně odhadovaných dvou set milionů vyšplhala k půl miliardy, což je pro Pardubice, které již věnují značné sumy hlavně do hokejové arény a dostihového závodiště, velká částka i když se přihlédne k možnosti částečného financování z rozvojových a podpůrných fondů Evropské unie. Město také počítalo, že padesát milionů na opravu skokanské věže poskytne ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy. To se však od projektu distancovalo. Pardubičtí zastupitelé tak chtějí od zachování skokanské věže, která je jediná v České republice upustit, protože její kapacita je naplněna pouze z jedné třetiny. Otázkou však zůstává, zda za to může nezájem veřejnosti nebo malá propagace spojená s velmi nízkým počtem hodin v týdnu, kdy je věž dostupná pro běžné návštěvníky bazénu.

1.9.1 Model rozhodování přestavby Pardubického plaveckého bazénu

Model rozhodování ukazuje, jaké máme vstupy do modelu. V tomto případě se jedná o studii společnosti CODE s.r.o., která navrhla tři varianty a jejich náklady. Tyto varianty pak byly dále diskutovány Magistrátem města Pardubic. Dalšími vstupy jsou technologická, zábavní a sportovní hlediska.

V rámci procesu rozhodování bylo nutné definovat vhodná kritéria a ohodnotit je. Vzhledem k předem danému počtu variant bylo potřeba tyto pouze ohodnotit. Výstupem se pak mělo stát optimální rozhodnutí.



Obrázek 2: model rozhodování úlohy Přestavba bazénu

[11], [12], [13]

1.9.2 Varianty řešení

Pro varianty řešení je použita studie společnosti CODE, spol. s r.o., které při schvalování požádalo zastupitelstvo města Pardubic, a které jsou dostupné jako příloha zápisu z XIII. řádného zasedání zastupitelstva města Pardubic, které se konalo 11. 3. 2008.

1.9.2.1 Varianta č. 1 – „Vestavba bazénu atrakcí do zrušeného skokanského bazénu“

Projektuje vestavěný bazén atrakcí do stávajícího tělesa skokanského bazénu a minimalizuje tak stavební zásahy do ostatních konstrukcí. Celkově tak konzervuje původní nepřiliš vhodné konstrukční řešení objektu s pouze minimálními zásahy. Tato varianta sebou však nese mnoho problematických bodů. Ty se dají rozdělit do dvou skupin.

Provozní problémy jsou následující:

- Přístup k výukovému bazénu bude stejný jako v současnosti, což znamená dlouhá trasa vedoucí stísněnými prostory v suterénu.
- Zachování stávajících oddělených šaten pro ženy a muže výrazně komplikuje rozdělení prostor na různě placené zóny, zvláště vstup mužů k bazénu atrakcí je ztížen, což je i jedna z příčin současné malé vytíženosti skokanského bazénu.

- Přístup k jednotlivým atrakcím je zdlouhavý vzhledem k jejich rozložení do různých pater objektu. (bazén trakcí 1.NP, dětský bazén 2.NP, občerstvení 3.NP, odpočinková zóna mezipatro mezi 3.NP a 4.NP)
- Vlastní vodní plocha bazénu atrakcí je relativně malá.
- Komplikované řešení přístupů do komerčních prostor a tělocvičen v návaznosti na placené a neplacené zóny.

Mezi technické problémy pak patří:

- Budování nových atrakcí do starých konstrukcí (tribuna, bazén ad.), z čehož vyplývá velké riziko budoucího dotvarování a dosednutí nových konstrukcí s možností vzniku trhlin a jejich následně nutné sanace.
- Nutné náklady na sanace staré nosné konstrukce.
- Náročnost na stavební a technické řešení zajišťující mikroklima ve stávajících tělocvičnách, tak aby vyhovovalo platným hygienickým normám.

Jednou z mála výhod tohoto řešení je tak cena, která byla tehdy odhadována na 300 milionů korun podle přibližné ceny za m³ obestavěného prostoru. Přestože nyní se již počítá s vyššími náklady, budu v analýze pracovat s touto cenou z důvodu jejího rovnoměrného zvýšení u všech alternativ.

[11], [12], [13]

1.9.2.2 Varianta č. 2 – „Ubourání části stávající budovy a přístavba haly bazénu atrakcí (víceúčelového bazénu)“

Toto řešení vychází ze zbourání části objektu, kde je nyní situován skokanský bazén, tělocvična, výukový bazén a další. V tomto volném prostoru pak bude vybudována nová hala s několika bazény a atrakcemi, která bude půdorysně cca. o 1000 m² větší než je stávající stav. Toto řešení poskytne lepší přístup k jednotlivým atrakcím, protože všechny kromě samotného plaveckého bazénu se budou nacházet v jednom podlaží. Prostory lze také jednoduše rozdělit do několika placených zón, přičemž vlastní atrakce budou na vyšší kvalitativní úrovni s výrazně větší využitelnou vodní plochou. Jediným problémem zůstává zmenšení prostoru pro ostatní („nemokrě“) aktivity.

Tato koncepce tak mění dispozici i vazby mezi jednotlivými částmi areálu. Řešení se pak jeví jako výhodnější a přehlednější hlavně co se týče pohybu návštěvníků. Bazén atrakcí, wellness, šatnové a sociální zařízení se dostanou na úroveň srovnatelnou s obdobnými zařízeními v zahraničí (v zápisu je zmiňováno Německo). Další z technického hlediska

nespornou výhodou je podstatně lehčí konstrukční řešení vzhledem k tomu, že hala bazénu atrakcí je s novým založením a s plným oddílováním od stávající budovy. Odpadnou tak problémy s nerovnoměrným dosedáním nových konstrukcí ve vazbě na staré a díky tomu i podstatně lepší fungování celého objektu.

Cena je díky těmto úpravám větší. I díky započítání bouracích prací se pohybuje okolo 450 milionů Kč.

[11], [12], [13]

1.9.2.3 Varianta č. 3 – „Přístavba bazénu atrakcí se zachováním skokanské věže“

Tato varianta vychází z předchozí. Její součástí je ubourání části stávajících konstrukcí a přístavba srovnatelná s předchozí variantou, tedy zhruba o 1000 m². Částečně by se zachovala stávající dispozice s plaveckým bazénem a skokanskou věží, ke které by byl daleko lepší přístup než je tomu doposud, jeho využití pro veřejnost by se zlepšilo a zlevnilo, protože by se nacházel ve stejném patře jako bazén atrakcí, a tak by nebylo potřeba navyšovat personál plavčíků. Zvýšil by se počet hodin přístupných pro veřejnost (ze současných pěti hodin týdně až trojnásobně), čímž by stouplou využití kapacity. Sloužil by stejně jako dnes pro výcvik skokanů, policejních i armádních potápěčů (přičemž cena účtovaná těmto složkám by se mohla zvýšit vzhledem k tomu, že jiný areál v republice není a tento by nabídl lepší služby). Pardubice by se zařadili mezi města s největší podporou sportu (např. Ostrava).

Nevýhodou této varianty je především nárůst ceny o dalších padesát milionů korun. Současně je však vzhledem k jedinečnosti stavby větší možnost získat dotace od státu či Evropské unie, které by však s největší pravděpodobností nepokryly celou sumu. Dále by byl bazén atrakcí menší než ve druhé variantě, stále by však výrazně převyšoval variantu první. Wellness a dětský bazén by zůstaly beze změny.

[11], [12], [13]

1.9.3 Hodnocení jednotlivých variant v rámci kritérií

Tabulka 1: Hodnocení variant v rámci kritérií úloha Přestavba bazénu

Kritéria	Varianty		
	A	B	C
Cena	300 milionů	450 milionů	500 milionů
Nároky na budoucí údržbu	vysoké	nízké	nízké
Kompozice stavby	špatná	dobrá	dobrá
Rozsah atrakcí a wellness	menší	větší	větší
Sportovní využití	menší než současné	menší než současné	zachováno
Složitost technických řešení	velká	malá	střední

[11], [12], [13]

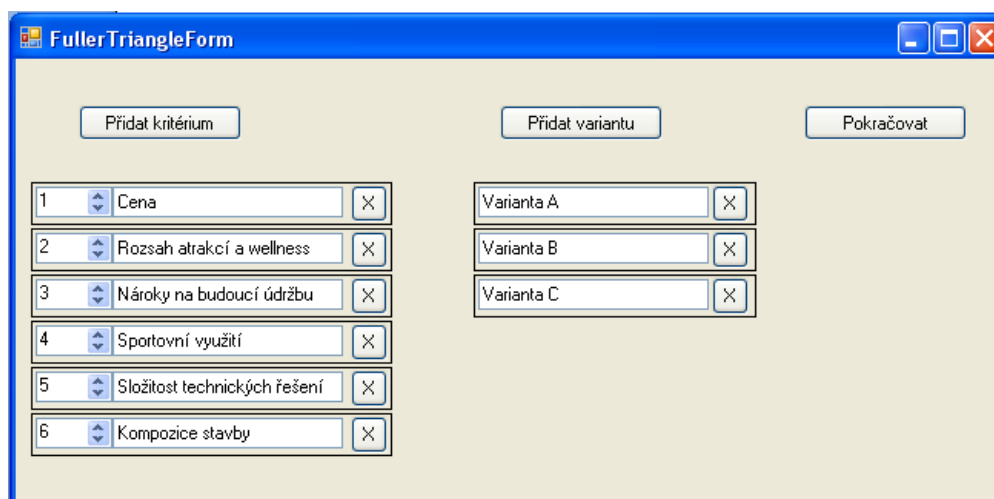
1.9.4 Řešení metodou Fullerova trojúhelníku

Metoda Fullerova trojúhelníku využívá pouze směr a nikoliv velikost preferencí. Důležité je tedy správné pořadí kritérií. Jejich pořadí je ukázáno v následující tabulce:

Tabulka 2: pořadí kritérií

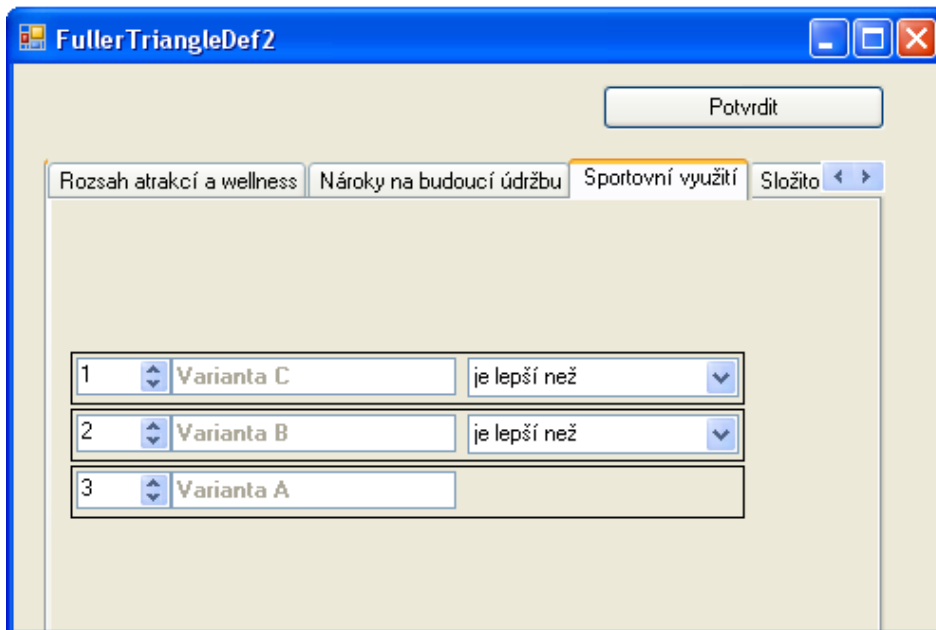
Pořadí	Kritérium
1	Cena
2	Rozsah atrakcí a wellness
3	Nároky na budoucí údržbu
4	Sportovní využití
5	Složitost technických řešení
6	Kompozice stavby

V první obrazovce programu je nutné seřadit kritéria sestupně, podle jejich důležitosti, jedná se tedy o maximalistický přístup, který je využíván v celém programu. Kritéria je možné přejmenovat, stejně tak jako varianty, zároveň je možné přidat nové nebo odstranit přebytečné kritérium či variantu.



Obrázek 3: dialogové okno Fullerovy metody s pořadím kritérií úlohy Přestavba bazénu

Nyní je potřeba určit pořadí variant podle jejich kritérií. Možnosti u této metody jsou takové, že jedna varianta je lepší než druhá nebo jsou stejné. To určíme v rozbalovacím boxu. Na obrázku je vidět, že varianta C je, co se týče sportovního využití nejlepší, a varianta A nejhorší.



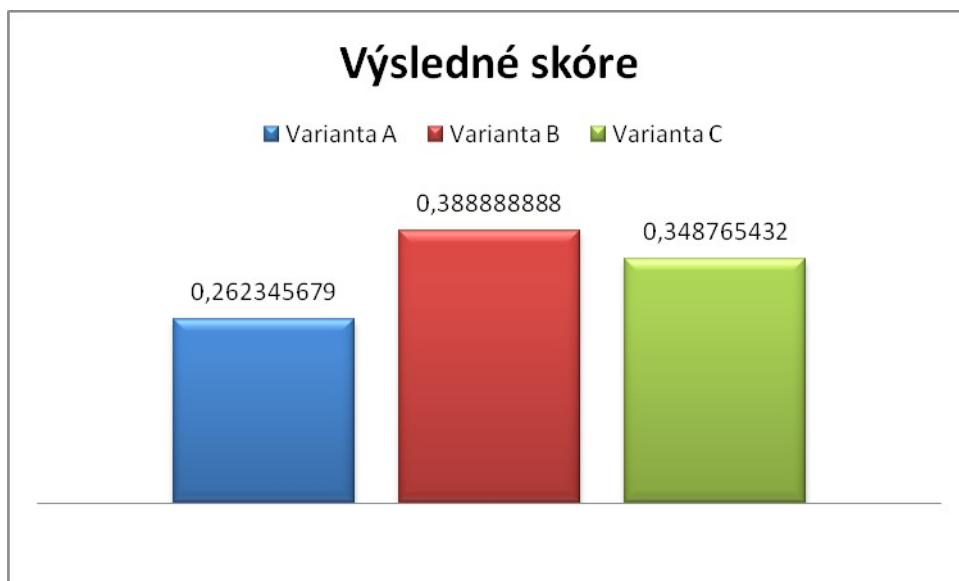
Obrázek 4: dialogové okno Fullerovy metody s hodnocením variant úlohy Přestavba bazénu

Jakmile uživatel potvrdí pořadí variant, objeví se dialog s výsledky, kde je zobrazeno, kolik která varianta získal v kterém kritériu:

	Technická řešení	Kompozice	Skóre
8888888888...	0,083333333333...	0,027777777777...	
2222222222...	0,111111111111...	0,111111111111...	0,262345679012...
2222222222...	0,555555555555...	0,444444444444...	0,388888888888...
5555555555...	0,333333333333...	0,444444444444...	0,348765432098...

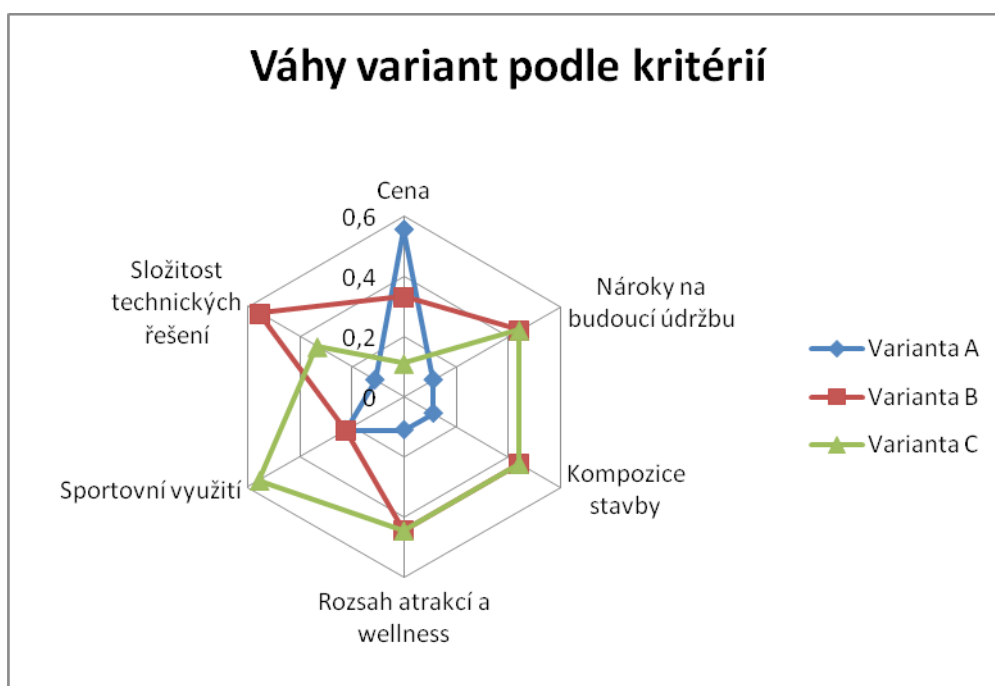
Obrázek 5: okno Fullerovy metody s výsledným ohodnocením variant úlohy Přestavba bazénu

Jak je vidět z ResultDialogu, Fullerovou metodou je nejlépe hodnocena varianta B a nejhůře varianta A. Program nepodporuje grafické zobrazení, pokud by bylo implementováno, pak by nejlepší zobrazení výsledků bylo pomocí grafu uvedeného níže:



Graf 1: výsledné skóre v grafickém provedení

Pokud bychom chtěli zobrazovat váhy variant podle jednotlivých kritérií, pak bychom nejspíše použili pavučinový graf, který je vhodný zvláště pro velké množství kritérií a přiměřený počet variant.



Graf 2: váhy variant podle jednotlivých kritérií úlohy Přestavba bazénu

1.9.5 Řešení metodou tříúrovňového AHP

Při řešení metodou tříúrovňového AHP vycházíme z pořadí kritérií, které je stejné jako u předešlé metody. Rozdíl je v tom, že určujeme i vzdálenost mezi jednotlivými kritérii. Nejdříve uživatel nastaví vzdálenost mezi nejsilnějším a nejslabším kritériem. Zde je hodnota 7 (více důležitější). Interval je tedy 6 a ten se rozdělí podle hodnot nastavených ve ScrollBoxu.

Tabulka 3: rozdíly mezi kritérii úlohy Přestavba bazénu

Kritérium	Rozdíl k následujícímu kritériu	Číselná hodnota rozdílu	Výsledná pozice na intervalu
Cena	MALÝ ROZDÍL	2	1
Rozsah atrakcí a wellness	STŘEDNÍ ROZDÍL	3	2
Nároky na budoucí údržbu	VELMI MALÝ ROZDÍL	1	3,5
Sportovní využití	STŘEDNÍ ROZDÍL	3	4
Složitost technických řešení	STŘEDNÍ ROZDÍL	3	5,5
Kompozice stavby			7

V programu vypadá nastavení takto:

The screenshot shows a software window titled 'Lvl3AHPDefForm1'. It contains several buttons: 'Přidat kritérium', 'Přidat variantu', and 'Pokračovat'. Below these buttons, there is a dropdown menu set to 'více důležitější' and a text field with the instruction 'Zde zadejte o kolik je nejméně významnější kritérium důležitější než nejméně významné.' Below this, there is a table of criteria with their relative importance and distance from the next criterion. The criteria are: 1. Cena (malý rozdíl), 2. Rozsah atrakcí a wellness (střední rozdíl), 3. Nároky na budoucí údržbu (velmi malý rozdíl), 4. Sportovní využití (střední rozdíl), 5. Složitost technických řešení (střední rozdíl), and 6. Kompozice stavby. To the right of this table, there are three input fields for variants: 'Varianta A', 'Varianta B', and 'Varianta C', each with a delete button (X).

Obrázek 6: pořadí a rozdíly mezi kritérii 3-úrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu

Celá Saatyho matice 1. stupně vypadá v programu Microsoft Excel následovně:

Tabulka 4: Saatyho matice 1. stupně úlohy Přestavba bazénu

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	2	3 1/2	4	5 1/2	7
K2	1/2	1	2 1/2	3	4 1/2	6
K3	2/7	2/5	1	1 1/2	3	4 1/2
K4	1/4	1/3	2/3	1	2 1/2	4
K5	2/11	2/9	1/3	2/5	1	2 1/2
K6	1/7	1/6	2/9	1/4	2/5	1

Pro ověření automatizace bylo nutné vypočítat index konzistence. Proto také byla vytvořena předcházející tabulka v Excelu. Samotný výpočet byl proveden v programu Matlab verze 7.0.1. Do něj jsem zadal tuto matici jako matici A a příkazem $[W, \lambda]=\text{eig}(A)$. Číslo λ_{\max} se rovnalo hodnotě 6,1661.

Index konzistence se počítá následovně:

$$CI = \frac{\max\lambda - n}{n - 1}$$

CI se tedy rovnalo 0,03322, což vyhovuje podmínce $CI < 0,1$. Automatizovaně tvořená Saatyho matice 1. stupně tedy splňovala potřebné předpoklady pro další výpočty.

Pro výpočet vícekritériálního hodnocení variant je opět použita Saatyho metoda. Takto vzniknou Saatyho matice druhého stupně. Způsob jejich zadání je vidět na obrázku číslo 6.

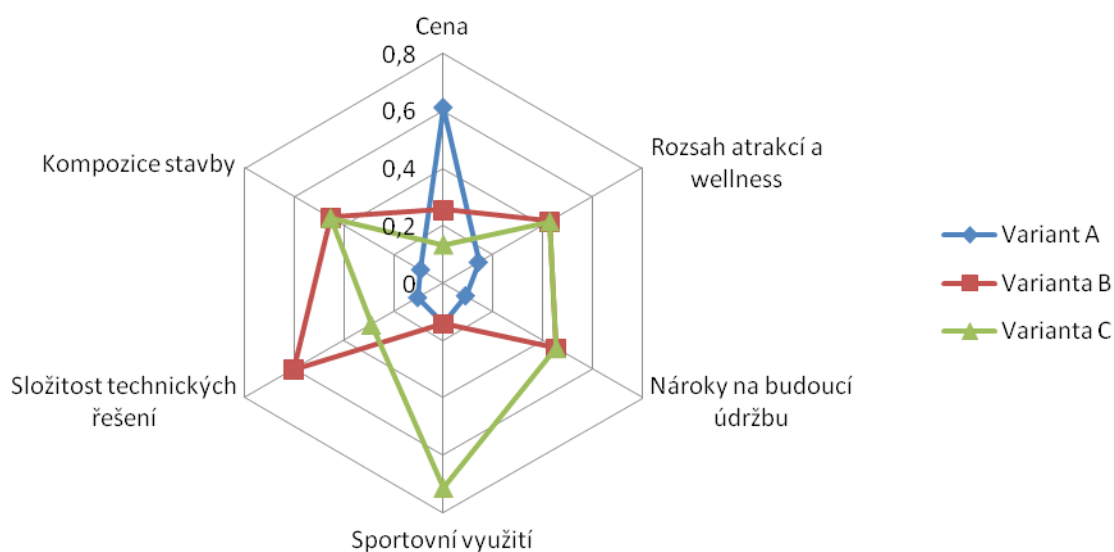
The screenshot shows a software window titled "Lv13AHPDefForm2". At the top right, there are standard window control buttons (minimize, maximize, close) and a "Potvrdit" (Confirm) button. Below this, there are four tabs: "Cena", "Rozsah atrakcí a wellness", "Nároky na budoucí údržbu", and "Sportovní využití". The "Cena" tab is currently selected. Underneath the tabs, there is a dropdown menu set to "méně středně důležité". Below that, there are three rows of comparison criteria, each with a dropdown for the criterion name and a dropdown for the comparison level:

1	Variant A	malý rozdíl
2	Variant B	velmi malý rozdíl
3	Variant C	

Obrázek 7: ohodnocení variant tříúrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu

Opět by bylo vhodné mít odpovídající grafický nástroj, který by přehledně zobrazil váhy variant, jako je tomu u grafu číslo 3. vytvořeném v programu Microsoft Excel.

Váhy variant podle jednotlivých kritérií



Graf 3: váhy variant podle jednotlivých kritérií metoda tříúrovňového AHP úloha Přestavba bazénu

Výsledné skóre je zobrazeno v dialogu s výsledky. Celkově se jako nejlepší jeví třetí varianta (celková přestavba se zachováním skokanské věže), těsně následovaná druhou variantou. Na pořadí zde má velký vliv kritérium Sportovní využití, jehož váha není velká, ale rozdílly hodnocení variant v rámci tohoto kritéria jsou velké.

Sportovní využití	Složitost technick...	Kompozice stavby	Skóre
1076649712...	0,069468732909...	0,032682966898...	
2857142857...	0,103139013452...	0,090909090909...	0,291540797234...
2857142857...	0,605381165919...	0,454545454545...	0,348530518570...
4285714285...	0,291479820627...	0,454545454545...	0,359928684195...

Obrázek 8: výsledné skóre tříúrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu

1.9.6 Řešení metodou čtyřúrovňového AHP

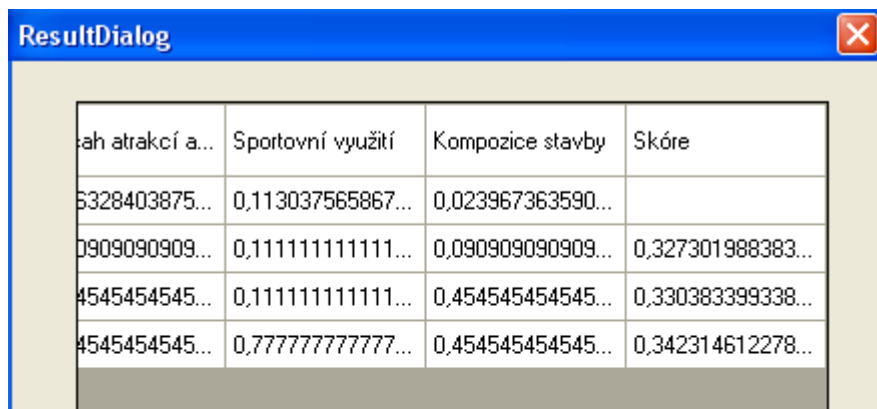
U této úlohy se dá využít i čtyřúrovňové AHP, i když počet kritérií není tak velký, jak by tomu odpovídalo. Kritéria se rozdělila do dvou hlavních skupin na ekonomicko-technická a ostatní, přičemž ekonomicko-technickým byla dána o něco větší priorita. Vznikla tedy matice o velikosti 2×2 a jejím výpočtem byla získána normovaná váha skupin kritérií.

Obrázek 9: zadání kritérií a variant u čtyřúrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu

Poté bylo nutné zadat pořadí ve skupinách. Tím vznikly dvě matice preference kritérií. Jejich výpočtem byly získány normované hodnoty kritérií ve skupinách. Jejich roznásobením s normovanými váhami skupin kritérií jsme získali celkové normované váhy kritérií.

Obrázek 10: zadávání preferencí kritérií ve skupinách čtyřúrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu

Výsledné skóre variant je zobrazeno na obrázku 11. Je zde nejmenší rozdíl mezi variantami ze všech zatím použitých metod. Nejlepšího skóre - 0,34 - tak dosáhla Varianta C (velká přestavba se zachováním skokanského můstku), následovaná Variantou B. Tyto malé rozdíly jsou způsobeny řazením kritérií do skupin. Tak Varianta A, která jindy se jevila jako výrazně nejhorší, nyní je rovnocenná a to především díky nízké ceně.

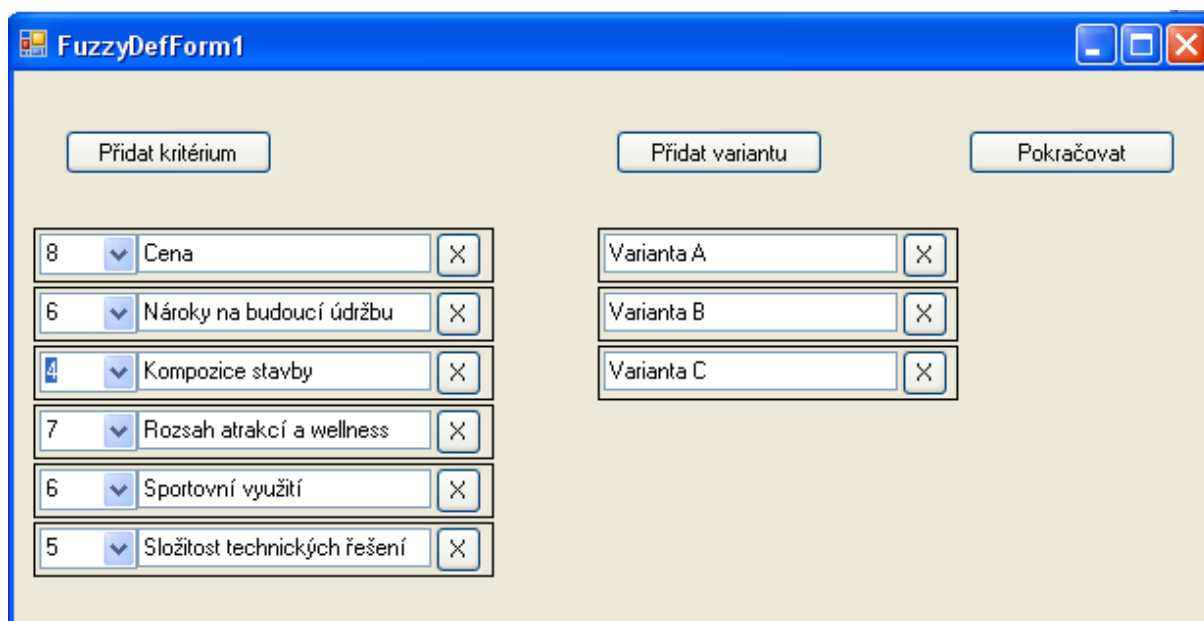


ah atrakcí a...	Sportovní využití	Kompozice stavby	Skóre
6328403875...	0,113037565867...	0,023967363590...	
0909090909...	0,11111111111111...	0,090909090909...	0,327301988383...
4545454545...	0,11111111111111...	0,454545454545...	0,330383399338...
4545454545...	0,777777777777...	0,454545454545...	0,342314612278...

Obrázek 11: výsledné hodnocení variant čtyřúrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu

1.9.7 Řešení metodou FAHP

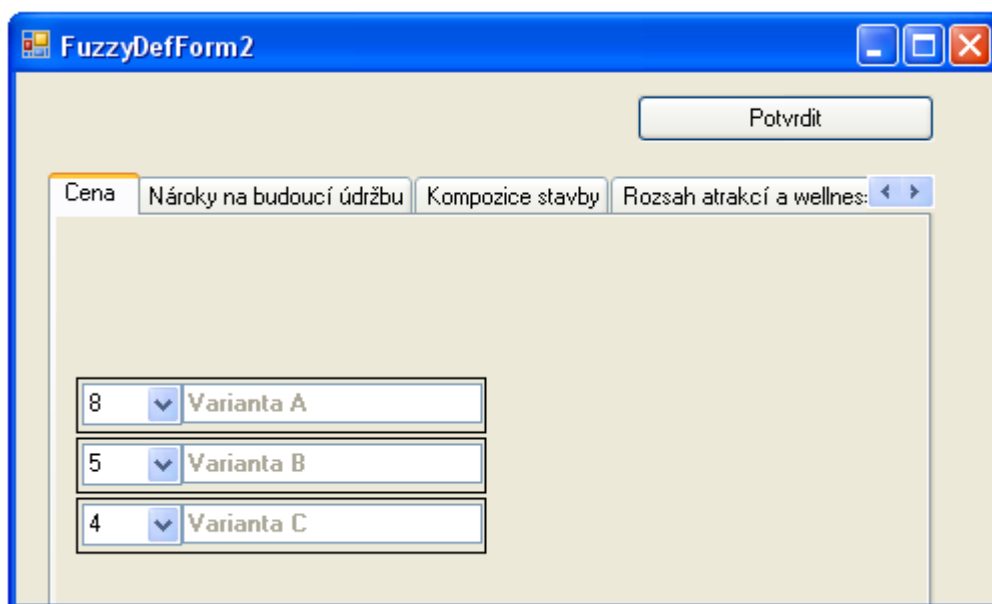
Řešení metodou Fuzzy AHP znamená každému kritériu přiřadit fuzzy číslo podle jeho váhy. Hodnocení je maximalistické, tedy kritérium se silnější preferencí je ohodnoceno větším číslem. Ohodnocení se provádí již nikoliv seřazováním, ale přímo zadáním čísla.



The screenshot shows a software interface for defining fuzzy criteria and variants. It includes buttons for 'Přidat kritérium', 'Přidat variantu', and 'Pokračovat'. On the left, a list of criteria is shown with their assigned fuzzy values: 'Cena' (8), 'Nároky na budoucí údržbu' (6), 'Kompozice stavby' (4), 'Rozsah atrakcí a wellness' (7), 'Sportovní využití' (6), and 'Složitost technických řešení' (5). On the right, three variants are listed: 'Varianta A', 'Varianta B', and 'Varianta C'.

Obrázek 12: ohodnocení kritérií metodou Fuzzy AHP úlohy Přestavba bazénu

Poté, co byly zadány hodnoty kritérií, bylo nutné zadat váhy variant v rámci jednotlivých kritérií. K tomu slouží podobný dialog jako u metod AHP. Opět však zadáváme přímo fuzzy číslo. Ohodnocení variant je zobrazeno v tabulce číslo 5.



Obrázek 13: ohodnocení variant metodou Fuzzy AHP úlohy Přestavba bazénu

Tabulka 5: ohodnocení variant fuzzy číslem úloha Přestavba bazénu

Kritéria	Ohodnocení variant		
	A	B	C
Cena	8	5	4
Nároky na budoucí údržbu	4	7	7
Kompozice stavby	3	7	7
Rozsah atrakcí a wellness	5	8	8
Sportovní využití	5	5	9
Složitost technických řešení	4	8	6

Výsledné hodnoty jsou zobrazeny na obrátku číslo 14. Nejlepšího skóre dosahuje varianta C (velká přestavba se zachováním skokanského můstku). Opět by bylo dobré vytvořit grafický výstup. Například pravá strana nejhorší Varianty A přesahuje středy obou dvou lepších variant. To znamená, že v určitých případech, které jsme nemohli zohlednit v rámci tohoto rozhodování, může být Varianta A nejlepší možností.

		Skóre	
Varianta A	126	185	256
Varianta B	166	236	318
Varianta C	171	242	325

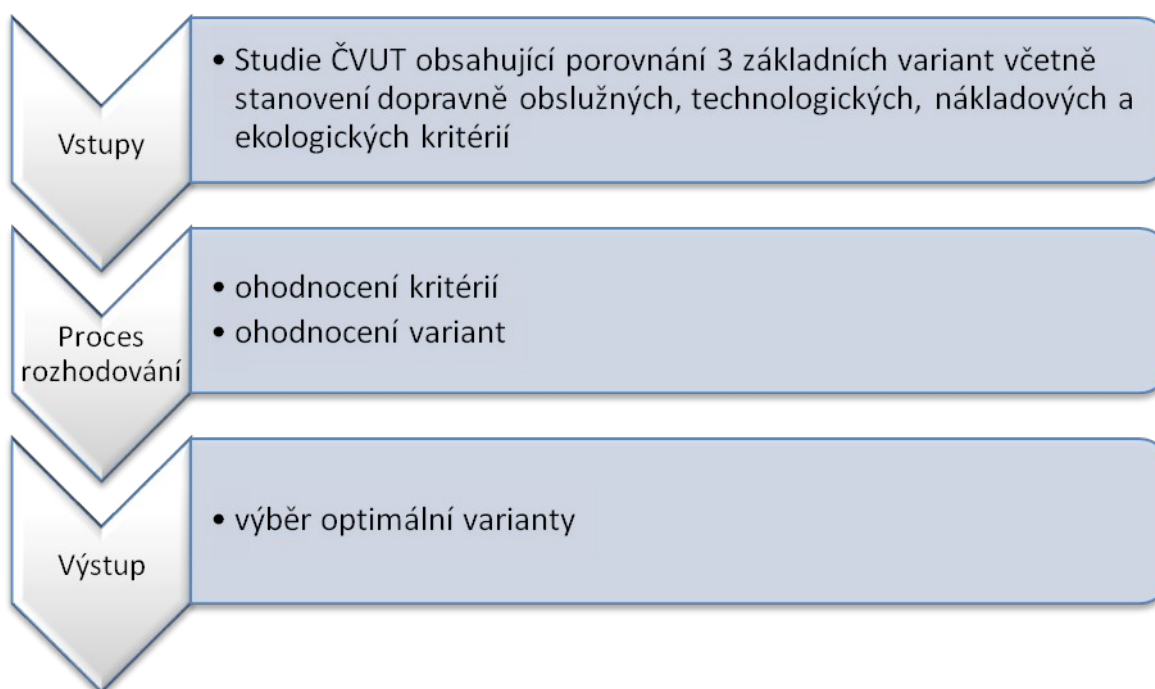
Obrázek 14: výsledek Fuzzy AHP úlohy Přestavba bazénu

1.10 Stavba rychlostní silnice R35

Stavba rychlostní silnice z Hradce Králové do Ostravy je jedním z témat, která se týkají přímo Pardubického kraje. Jedná se o dobře strukturovanou úlohu. I přesto její řešení trvalo kompetentním místům velmi dlouhou dobu. S využitím nástrojů pro podporu rozhodování by bylo pravděpodobně možné tuto dobu zkrátit.

1.10.1 Model rozhodování stavby rychlostní silnice R35

Model vychází



Obrázek 15: model rozhodování stavby rychlostní silnice R35

[14]

1.10.2 Stanovení kritérií

Kritéria byla stanovena s ohledem na skutečnost, že stále nebyla alespoň odhadnuta cena projektu, nebo se tato cena velmi často měnila. Proto místo ní je přihlédnuto k celkovému rozsahu stavby (délka, počet míst se sníženou rychlostí, které ukazují počet obtížnějších technických řešení). Dále byla zohledněna dopravní obslužnost obyvatelstva a ekologické dopady. Tím se počet kritérií zvýšil na 17. Díky tomu je vhodný spíše čtyřúrovňový AHP, kde kritéria budou rozdělena do tří bloků:

- Prostorové vedení trasy
 - Délka trasy (km)
 - Počet úseků, kde bude třeba snížit návrhovou rychlost na 100 km/h
 - Počet úseků, kde bude třeba snížit návrhovou rychlost na 80 km/h
- Dopravní obslužnost území
 - Počet obyvatel v obcích nad 300 obyvatel, vzdálených do 10 km od trasy
 - Počet sídel s více než 1.000 obyvateli, vzdálených do 10 km od trasy
 - Počet sídel, které díky nové komunikaci získají obchvat
 - Počet křížení s železnicí
 - Počet křížení s průplavem
 - Maximálně dosahované intenzity
- Ekologické aspekty
 - biokoridor nadregionálního významu (K)
 - biokoridor regionálního významu (RK)
 - biocentrum regionálního významu (RC)
 - plocha navržená k zařazení do systému NATURA 2000
 - Počet obyvatel dotčených nadměrným hlukem
 - Počet sídel dotčených nadměrným hlukem
 - Výměra zabíraného zemědělského půdního fondu (ha)
 - Výměra zabíraných pozemků určených k plnění funkcí lesa (ha)

[14]

1.10.3 Varianty řešení

1.10.3.1 R35 - SEVERNÍ VARIANTA (A)

Slabé stránky:

- Návrh není v souladu s hodnocením dle „Posouzení vlivů ÚP VÚC Pk na životní prostředí - SEA" (SURPMO, EMPLA - červen 2003, souhlasné stanovisko MŽP 6. 8. 2003).Převládají negativa pro navazující povolení stavby:
 - Výrazný odpor trasou dotčených obcí.
 - Výrazný odpor ekologických iniciativ.
 - Výrazný odpor občanských sdružení.
- Nepříznivé podmínky pro výstavbu (dlouhé úseky v dopravně nepřístupné krajině).
- Členitý terén - na trase je cca o 50 mostních konstrukcí více než na jižní (DHSV Praha, listopad 2003).
- Téměř neexistující možnost etapizace výstavby (i při zprovoznění 1. úseku o délce 26 km do České Třebové lze pochybovat o využití těmi, kdo směřují na východ a jih – dají přednost stávající I/35).
- Odborný předpoklad výrazně vzdálenějšího horizontu dokončení stavby a její plné využitelnosti. V současné době je již proti tomuto řešení i MD ČR, dotčený orgán státní správy.
- Varianta není podpořena nadstandardním přístupem státu pro opatření na související silniční síti.
- Je plně smysluplná pouze v kompletní dokončené trase.
- Má náročnější klimatické a terénní podmínky.

Silné stránky:

- Lepší dopravní napojení severovýchodní části Pardubického kraje.
- Posílení rozvojového potenciálu v území bývalého okresu Ústí nad Orlicí.
- Má toho času vyjednané Souborné stanovisko s pokyny pro dokončení ÚP VÚC Pk.
- Není vedena geologicky složitým územím Mladějovského vrchu.

[14]

1.10.3.2 R35 – UPRAVENÁ JIŽNÍ VARIANTA (B)

Jedná se o variantu navrženou starosty obcí, kteří nesouhlasí plně s původní jižní variantou a kladou další podmínky. Zvyšuje dopravní obslužnost severních částí kraje.

Slabé stránky:

- V současné době nemá vyjednané Souborné stanovisko s pokyny pro dokončení ÚP VÚC Pk

- Na trase je dlouhý a investičně nákladný tunel pod Mladějovským vrchem (tunelové řešení je ale šetrné k okolní krajině).
- Odborný předpoklad výrazně vzdálenějšího horizontu dokončení stavby a její plné využitelnosti. V současné době je již proti tomuto řešení i MD ČR, dotčený orgán státní správy.
- Varianta není podpořena nadstandardním přístupem státu pro opatření na související silniční síti.

Silné stránky:

- Předpokládají se příznivé podmínky pro budoucí povolování stavby.
 - Budoucí EIA naváže na souhlasné stanovisko SEA.
 - Části trasy již procesem EIA prošly - obchvat V. Mýta, byť pro nižší kategorii.
 - Dosud žádný deklarovaný odpor trasou dotčených obcí.
 - Zatím žádný deklarovaný odpor občanských sdružení a ekologických iniciativ.
- Velmi příznivé podmínky pro výstavbu - smysluplná etapizace trasy (i velmi krátké úseky lze vždy plnohodnotně dopravně využít).
- Lze „ihned“ stavět dílčí úseky, obchvaty Vysokého Mýta a Litomyšle (hned ve čtyřpruhu nebo i v polovině budoucího profilu R 35).
- Lze plně využít i v roce 2004 nově provedené úpravy 1/35 v úseku Janov - Gaier.
- S ohledem na rovinatý a méně zalesněný terén bude snadnější dostavba navazujících objektů (parkoviště, motoresty, benzinové pumpy apod.).
- Má výhodnější klimatické a terénní podmínky.
- Výrazně zvyšuje dopravní dostupnost v severních částech kraje

[14]

1.10.3.3 R35 - JIŽNÍ VARIANTA (C)

Slabé stránky:

- V současné době nemá vyjednané Souborné stanovisko s pokyny pro dokončení ÚP VÚC Pk
- Na trase je dlouhý a investičně nákladný tunel pod Mladějovským vrchem (tunelové řešení je ale šetrné k okolní krajině).

Silné stránky:

- Je vyhodnocena jako nejlepší dle „Posouzení vlivů ÚP VÚC Pk na životní prostředí - SEA“ (SURPMO, EMPLA - červen 2003, souhlasné stanovisko MŽP 6. 8. 2003).
- Je vyhodnocena jako nejlepší v odborném posudku ČVUT fakulta dopravní (duben 2004) a ČVUT Fakulta architektury (červen 2003).
- Je podporována a požadována z MŽP ČR.
- Od konce roku 2004 je podporována a požadována i MD ČR.

- Předpokládají se příznivé podmínky pro budoucí povolování stavby.
 - Budoucí EIA naváže na souhlasné stanovisko SEA.
 - Části trasy již procesem EIA prošly - obchvat V. Mýta, byť pro nižší kategorii
 - Dosud velmi malý odpor trasou dotčených obcí.
 - Zatím žádný deklarovaný odpor občanských sdružení a ekologických iniciativ.
 - Velmi příznivé podmínky pro výstavbu - smysluplná etapizace trasy (i velmi krátké úseky lze vždy plnohodnotně dopravně využít).
 - Lze „ihned“ stavět dílčí úseky, obchvaty Vysokého Mýta a Litomyšle (hned ve čtyřpruhu nebo i v polovině budoucího profilu R 35).
 - Lze plně využít i v roce 2004 nově provedené úpravy 1/35 v úseku Janov - Gaier.
 - S ohledem na rovinný a méně zalesněný terén bude snadnější dostavba navazujících objektů (parkoviště, motoresty, benzinové pumpy apod.).
 - Má výhodnější klimatické a terénní podmínky.
 - Existují písemné garance nadstandardního přístupu státu při realizaci opatření na související silniční síti.
 - Je připraveno (v návrhu) „Memorandum o spolupráci při řešení problematiky urychlení přípravy výstavby rychlostní silnice R35 v Pardubickém kraji“ - pro spolupodepsání hejtnemem Pk, ministrem dopravy a generálním ředitelem ŘSD.
 - Je odborně důvodný předpoklad výrazně dřívějšího (reálného) dokončení celé trasy.
- [14]

1.10.4 Hodnocení jednotlivých variant v rámci kritérií

Hodnocení je převzato ze studie ČVUT, která týká tohoto problému. Jak je vidět na následující tabulce je úloha velmi dobře strukturovaná.

Tabulka 6: varianty stavby rychlostní silnice R35

Kritérium		Varianta		
		A	B	C
Prostorové vedení trasy				
1	Délka trasy (km)	95,5	92	95
2	Počet úseků, kde bude třeba snížit návrhovou rychlost na 100 km/h	11	5	3
3	Počet úseků, kde bude třeba snížit návrhovou rychlost na 80 km/h	2	1	1
Dopravní obslužnost území				
4	Počet obyvatel v obcích nad 300 obyvatel, vzdálených do 10 km od trasy	249.67	247.50	251.921
		1	6	
5	Počet sídel s více než 1.000 obyvateli, vzdálených do 10 km od trasy	26	26	27
6	Počet sídel, která díky nové komunikaci získají obchvat	7	7	8
7	Počet křížení s železnicí	6	7	6
8	Počet křížení s průplavem	8	4	2
9	Maximálně dosahované intenzity	20.000	20.000	20.000
Ekologické aspekty				
Počet úseků s výrazným ekologickým vlivem:				
1	biokoridor nadregionálního významu (K)	7	9	10

0				
1	biokoridor regionálního významu (RK)	5	8	6
1				
1	biocentrum regionálního významu (RC)	1	2	2
2				
1	plocha navržená k zařazení do systému NATURA 2000	1	1	1
3				
1	Počet obyvatel dotčených nadměrným hlukem	555	345	260
4				
1	Počet sídel dotčených nadměrným hlukem	20	17	13
5				
1	Výměra zabíraného zemědělského půdního fondu (ha)	575	535	541
6				
1	Výměra zabíraných pozemků určených k plnění funkcí lesa (ha)	43	55	44
7				

[14]

Z důvodu stejných parametrů jsem pro následující analýzu vyřadil kritéria „plocha navržená k zařazení do systému NATURA 2000“ a „maximálně dosahované intenzity“. Ostatní kritéria jsou ponechána.

1.10.5 Řešení metodou Fullerova trojúhelníku

Základem Fullerovy metody je seřazení kritérií podle jejich důležitosti.

Tabulka 7: pořadí kritérií podle důležitosti

Pořadí	Číslo kritéria	Název kritéria
1	K1	Délka trasy (km)
2	K4	Počet obyvatel v obcích nad 300 obyvatel, vzdálených do 10 km od trasy
3	K14	Počet obyvatel dotčených nadměrným hlukem
4	K15	Počet sídel dotčených nadměrným hlukem
5	K2	Počet úseků, kde bude třeba snížit návrhovou rychlost na 100 km/h
6	K5	Počet sídel s více než 1.000 obyvateli, vzdálených do 10 km od trasy
7	K6	Počet sídel, která díky nové komunikaci získají obchvat
8	K10	biokoridor nadregionálního významu (K)
9	K3	Počet úseků, kde bude třeba snížit návrhovou rychlost na 80 km/h
10	K11	biokoridor regionálního významu (RK)
11	K12	biocentrum regionálního významu (RC)
12	K7	Počet křížení s železnicí
13	K8	Počet křížení s průplavem
14	K16	Výměra zabíraného zemědělského půdního fondu (ha)
15	K17	Výměra zabíraných pozemků určených k plnění funkcí lesa (ha)

Celkově byla nejvíce zohledněna kritéria, která stavbu prodražují (délka trasy) a ekologická (počet obyvatel a sídel dotčených nadměrným hlukem ad.). Dále také dopravně-

obslužná, tedy počet obyvatel v obcích nad 300 obyvatel, vzdálených do 10 km od trasy a počet sídel s více než 1000 obyvateli, vzdálených 10 km od trasy.

Varianty byly ohodnoceny podle údajů z tabulky 6. Výsledné skóre je pak vidět na následujícím obrázku. Nejlepší je podle této metody varianta C (jižní varianta).

et křížení s p...	Výměra zabírané...	Výměra zabíraný...	Skóre
2222222222...	0,013333333333...	0,004444444444...	
1111111111...	0,111111111111...	0,555555555555...	0,237037037037...
3333333333...	0,555555555555...	0,111111111111...	0,303703703703...
5555555555...	0,333333333333...	0,333333333333...	0,459259259259...

Obrázek 16: výsledek metody Fullerova trojúhelníku úlohy stavby rychlostní silnice R35

1.10.6 Řešení metodou tříúrovňového AHP

Řešení tohoto příkladu je už velmi náročné bez výpočetní techniky. Do Saatyho matice 1. stupně vstupuje 15 kritérií. Takto vypadá vytvořená matice v programu Microsoft Excel.

Tabulka 8: Saatyho matice 1. stupně úlohy Stavba rychlostní silnice R 35

	K1	K4	K14	K15	K2	K5	K6	K10	K3	K11	K12	K7	K8	K16	K17
K1	1	1/2	1/4	1/2	1/4	4	1/4	1/4	6	1/4	3/4	8	1/4	3/4	9
K4	2/3	1	3/4	2	3/4	1/2	3/4	3/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2
K14	4/9	4/7	1	1/4	2	3/4	3	4	3/4	5	1/2	3/4	7	1/2	3/4
K15	4/9	4/7	1	1/4	2	3/4	3	4	3/4	5	1/2	3/4	7	1/2	3/4
K2	2/5	1/2	4/5	1	3/4	1/2	3/4	3/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2
K5	4/1	4/1	1/2	4/7	1	3/4	2	3	3/4	4	1/2	3/4	6	1/2	3/4
K6	3	1	1/2	4/7	1	3/4	2	3	3/4	4	1/2	3/4	6	1/2	3/4
K10	1/4	2/7	1	2/5	4/7	1	1/4	3/4	3	1/4	3/4	5	1/4	3/4	6
K3	4/1	4/1	1/3	1	1/2	4/5	1	2	1/4	1/2	3	1/4	1/2	5	1/4
K11	4/2	4/1	1/4	4/1	5	1/3	1	1/2	1	1/4	1/2	2	1/4	1/2	4
K12	1	9	1/4	5	1/3	1	1/2	1	1/4	1/2	2	1/4	1/2	4	1/4
K7	1/6	1	9	2/9	5	1/3	4/9	4/5	1	1/4	3/4	3	1/4	3/4	4
K8	4/2	4/2	4/1	4/1	4/1	4/1	4/1	4/1	1	1	1	3	3	3	4
K16	4/2	4/2	2/1	4/2	4/2	4/2	4/2	4/2	1	1	1	3	3	3	4
K17	4/2	4/2	2/1	4/2	4/2	4/2	4/2	4/2	1	1	1	3	3	3	4
K1	5	3	1/5	9	1/4	3	2/5	2/3	4/5	1	1/2	3/4	3	1/2	3/4
K4	4/2	4/2	2/1	4/2	4/2	4/2	4/2	4/2	1	1	1	3	3	3	4
K14	2	7	5	1	2/9	5	1/3	1/2	4/7	2/3	1	1/4	1/2	3	1/4
K15	2	7	5	1	2/9	5	1/3	1/2	4/7	2/3	1	1/4	1/2	3	1/4
K2	1/8	5	7	3	3	1/5	7	3	1/3	1	4/9	1	1/4	3/4	2
K5	4/3	4/3	2/1	4/2	2/1	4/2	4/2	4/2	1	1	1	3	3	3	4
K6	3	1	1/7	7	1/6	1	2/9	2/7	3	1/3	2/5	4/5	1	1/4	1/2
K10	4/3	4/3	2/1	4/2	2/1	4/2	4/2	4/2	1	1	1	3	3	3	4
K3	5	3	5	9	3	3	1/5	1/4	5	2/7	1/3	4/7	4/5	1	1/4
K11	9	7	1	5	7	1/6	1	7	1/4	5	3	1/2	2/3	4/5	1

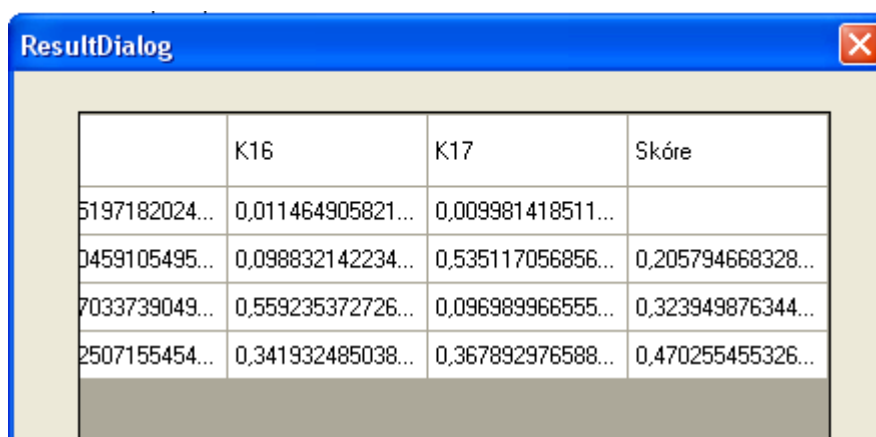
Důležitý je v podobných případech stupeň konzistence Saatyho matice. S pomocí programu Matlab 7.0.1 byla spočítána maximální λ . $\text{Max } \lambda = 15,581$. Pomocí vzorce byl spočítán index konzistence $\text{CI} = 0,0415$, což splňuje podmínku konzistence.

V dalším kroku bylo zapotřebí ohodnotit varianty v rámci jednotlivých kritérií. Jeho výsledek včetně váhy jednotlivých kritérií lze vidět v následující tabulce (zaokrouhleno na dvě desetinná místa).

Tabulka 9: ohodnocení variant metodou tříúrovňového AHP úlohy Stavba rychlostní silnice R35

KRITÉRIA	K1	K4	K1 4	K1 5	K2	K5	K6	K1 0	K3	K1 1	K1 2	K7	K8	K1 6	K1 7
VÁHY	0,1 6	0,1 4	0,1 2	0,1 1	0,1 0	0,0 8	0,0 7	0,0 5	0,0 4	0,0 4	0,0 3	0,0 2	0,0 2	0,0 1	0,0 1
VARIANTA A	0,1 3	0,2 9	0,0 7	0,0 9	0,0 6	0,1 1	0,2 0	0,6 1	0,1 4	0,5 4	0,6 7	0,4 4	0,0 8	0,1 0	0,5 4
VARIANTA B	0,6 1	0,1 0	0,3 4	0,2 5	0,3 9	0,4 4	0,2 0	0,2 5	0,4 3	0,1 2	0,1 7	0,1 1	0,4 0	0,5 6	0,1 0
VARIANTA C	0,2 5	0,6 1	0,5 9	0,6 6	0,5 5	0,4 4	0,6 0	0,1 3	0,4 3	0,3 4	0,1 7	0,4 4	0,5 2	0,3 4	0,3 7

Výsledek je zobrazen na obrázku 17. Zde je vidět, že Varianta C je výrazně nejhorší, což je možné postřehnout již z Tabulky 6: varianty stavby rychlostní silnice R35. Přes tuto skutečnost je s podivem, že rozhodnutí Ministerstvu dopravy ČR trvalo tak dlouhou dobu. Je zde vidět, že systém pro podporu rozhodování je kvalitní a robustní nástroj, kterým by bylo možné dobu rozhodování zkrátit a zamezit tak spekulacím o korupci.



	K16	K17	Skóre
5197182024...	0,011464905821...	0,009981418511...	
0459105495...	0,098832142234...	0,535117056856...	0,205794668328...
7033739049...	0,559235372726...	0,096989966555...	0,323949876344...
2507155454...	0,341932485038...	0,367892976588...	0,470255455326...

Obrázek 17: výsledné skóre variant metodou tříúrovňového AHP úlohy Stavba rychlostní silnice R35

Zajímavý je i rozdíl mezi variantou C a B. Varianta C odborně zpracovaná zvítězila nakonec velkým rozdílem. Je možné, že Varianta B, kterou navrhovali starostové dotčených obcí, kteří by měli znát prostředí nejlépe, ovlivňují i místní a partikulární zájmy.

1.10.7 Řešení metodou čtyřúrovňového AHP

Při řešení této úlohy pomocí čtyřúrovňového AHP jsem zůstal u dělení kritérií podle studie na 3 skupiny: 1. prostorové vedení trasy, 2. dopravní obslužnost území a 3. ekologické aspekty, přičemž jim byly dány priority v tomto pořadí. Pořadí ve skupinách pak odpovídalo pořadí podle tříúrovňového AHP. Přesto jsou určité rozdíly ve váhách kritérií. Ohodnocení variant v rámci kritérií bylo provedeno totožně s tříúrovňovým AHP. Celkové ohodnocení ukazuje tabulka 10.

Tabulka 10: ohodnocení kritérií a variant čtyřúrovňového AHP úloha Stavba rychlostní silnice R35

KRITÉRIA	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K10	K11	K12	K14	K15	K16	K17
VÁHY	0,30 2	0,14 5	0,05 1	0,15 2	0,08 5	0,07 1	0,02 3	0,01 6	0,02 6	0,01 8	0,01 4	0,04 7	0,04 1	0,00 5	0,00 3
VARIANTA A	0,13 4	0,06 2	0,14 3	0,29 1	0,11 1	0,20 0	0,44 4	0,08 1	0,61 1	0,53 5	0,66 7	0,07 2	0,09 2	0,10 0	0,57 8
VARIANTA B	0,61 1	0,38 7	0,42 9	0,10 3	0,44 4	0,20 0	0,11 1	0,38 5	0,25 5	0,12 1	0,16 7	0,33 9	0,23 2	0,57 8	0,10 0
VARIANTA C	0,25 5	0,55 1	0,42 9	0,60 5	0,44 4	0,60 0	0,44 4	0,53 4	0,13 4	0,34 4	0,16 7	0,58 9	0,67 6	0,32 2	0,32 2

Výsledné skóre je vidět na obrázku 18. Opět se jako nejlepší jeví varianta C a nejhůře Varianta A. Ta má nyní ještě nižší skóre než v případě tříúrovňového AHP.

	K16	K17	Skóre
1300069129...	0,004963001539...	0,003338648486...	
1916682591...	0,100419682501...	0,578006204002...	0,180550408022...
2371488629...	0,578006204002...	0,100419682501...	0,379239557995...
5711828778...	0,321574113496...	0,321574113496...	0,440210033981...

Obrázek 18: výsledné skóre metody čtyřúrovňového AHP úlohy Stavba rychlostní silnice R35

1.10.8 Řešení metodou Fuzzy AHP

K řešení pomocí Fuzzy AHP bylo zapotřebí ohodnotit kritéria podle jejich síly. To znamenalo je rozdělit do skupin. K tomu jsem použil tabulku 9 a kritéria tak rozdělit do 9 tříd. K ohodnocení variant byla použita Tabulka 6: varianty stavby rychlostní silnice R35. Výsledné ohodnocení vypadá takto:

Tabulka 11: ohodnocení kritérií a variant metoda Fuzzy AHP úloha Stavba rychlostní silnice R35

KRITÉRIA			VARIANTY		
ZKRATKA KRITÉRIA	NÁZEV KRITÉRIA	HODNOTA KRITÉRIA	VARIANTA A	VARIANTA B	VARIANTA C
K1	Délka trasy (km)	9	2	7	3

K2	Počet úseků, kde bude třeba snížit návrhovou rychlost na 100 km/h	6	1	6	8
K3	Počet úseků, kde bude třeba snížit návrhovou rychlost na 80 km/h	3	4	5	5
K4	Počet obyvatel v obcích nad 300 obyvatel, vzdálených do 10 km od trasy	8	6	4	8
K5	Počet sídel s více než 1.000 obyvateli, vzdálených do 10 km od trasy	5	5	5	6
K6	Počet sídel, která díky nové komunikaci získají obchvat	5	5	5	6
K7	Počet křížení s železnicí	2	6	5	6
K8	Počet křížení s průplavem	2	2	6	8
K10	biokoridor nadregionálního významu (K)	4	8	4	3
K11	biokoridor regionálního významu (RK)	3	7	5	3
K12	biocentrum regionálního významu (RC)	3	6	3	3
K14	Počet obyvatel dotčených nadměrným hlukem	7	1	6	9
K15	Počet sídel dotčených nadměrným hlukem	7	2	4	8
K16	Výměra zabíraného zemědělského půdního fondu (ha)	1	3	7	6
K17	Výměra zabíraných pozemků určených k plnění funkcí lesa (ha)	1	8	4	7

Výsledné hodnocení variant pak ukazuje obrázek 19. Pořadí variant je stejné jako u předchozích metod. Tentokrát by však byl grafický výstup ještě zajímavější, neboť pravý kraj nejslabší varianty téměř dosahuje středu nejsilnější. Přesto lze stále velmi jednoduše určit Variantu C jako nejlepší.

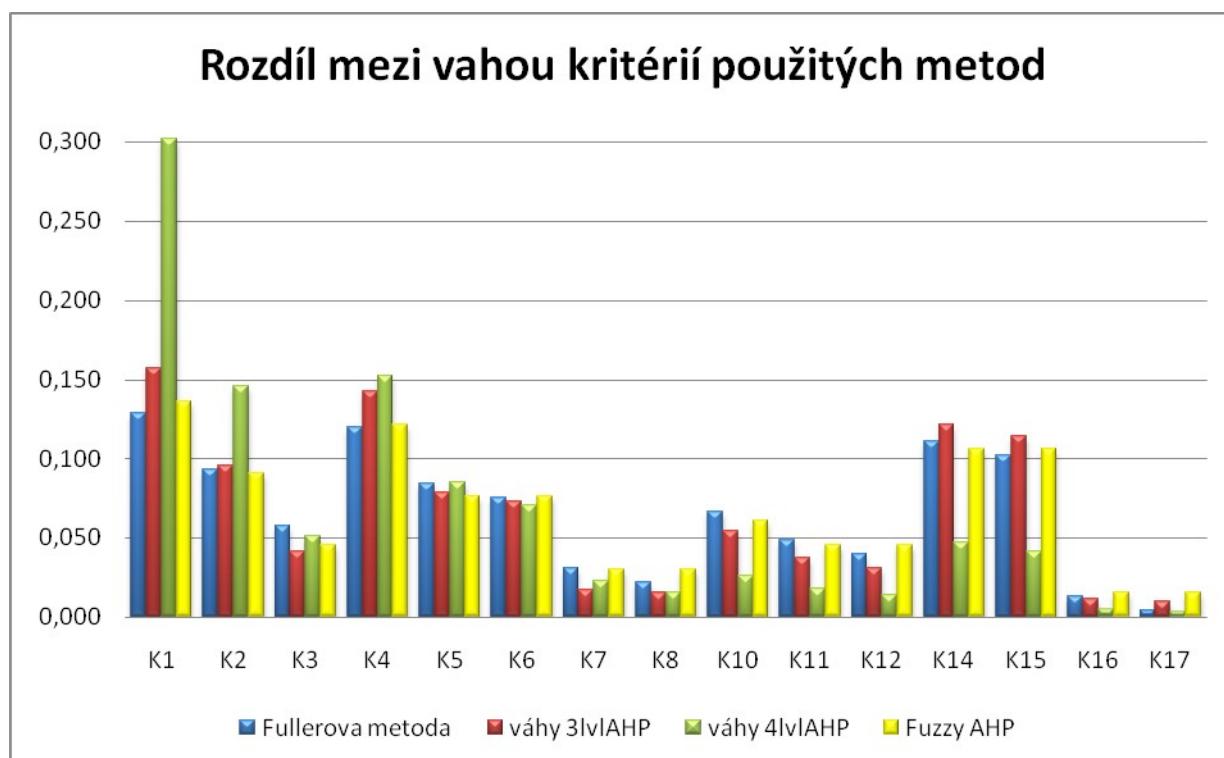
		Skóre	
Varianta A	136	253	400
Varianta B	212	339	496
Varianta C	264	404	574

Obrazek 19: výsledné skóre metody Fuzzy AHP úlohy Stavba rychlostní silnice R35

1.11 Hodnocení rozdílu mezi metodami

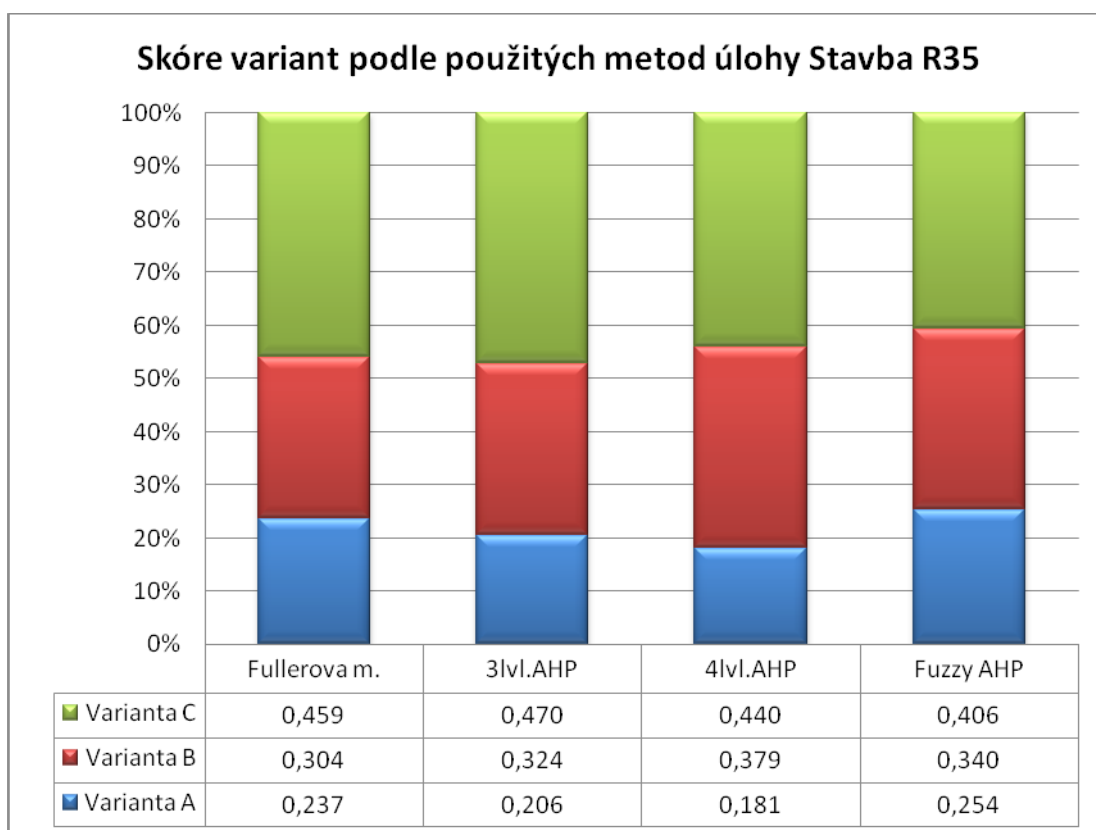
Pokud srovnáváme použité metody, musíme nejdříve akceptovat jejich odlišnost. Většinu srovnání provádím na druhém příkladu, tedy stavbě rychlostní silnice R35. Je to z důvodu toho, že tato úloha je dobře strukturovaná, a díky tomu není hodnocení tak subjektivní, jako v úloze přestavby Pardubického bazénu.

Ke srovnání bylo zapotřebí nějakým způsobem upravit metodu Fuzzy AHP. Jelikož nejde znormovat, rozhodl jsem se porovnat středy výsledných fuzzy čísel tak, že jsem každý střed fuzzy čísla vydělil součtem všech středů. V tomto případě lze výsledek brát pouze jako hrubý odhad váhy tohoto čísla, který slouží pouze k porovnání s ostatními metodami, nikoliv k dalším výpočtům.



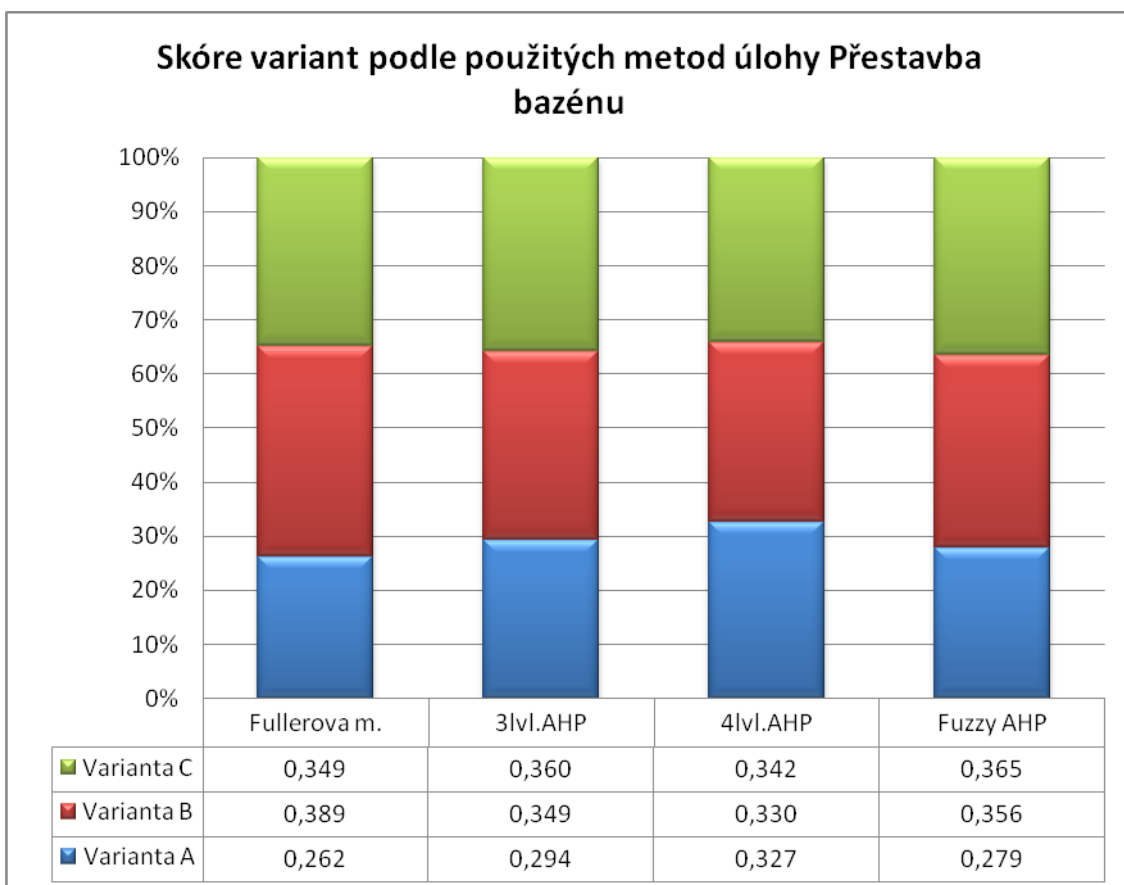
Graf 4: rozdíl mezi vahou kritérií u použitých metod úlohy Stavba rychlostní silnice R35

Jak je vidět na grafu 4, jsou použité metody, co se týče vah kritérií podobné. Váhy se liší obvykle pouze díky odlišnému matematickému aparátu. Fullerova metoda a fuzzy AHP se vyznačují pravidelností. Ta první díky seřazení kritérií bez hodnocení jejich rozestupů, ta druhá díky stejnému hodnocení kritérií ve skupinách, přičemž rozdíly vah těchto dvou metod jsou minimální. Tříúrovňové AHP, jehož přesnost by měla být větší díky jemnějšímu rozlišení preferencí, se sice od těchto dvou metod odlišuje, ale přesto stále zachovává určitý trend. U čtyřúrovňového AHP je vidět velká determinace preferencí podle zařazení do skupiny. Tento příklad pravděpodobně, i přes velké množství kritérií, není pro použití této metody nejvhodnější, protože kritéria ve skupinách mají velmi odlišnou preferenci. Tak dochází k nadhodnocení prvního a druhého kritéria, zatímco především kritéria 14 a 15 jsou evidentně podhodnocena. Jelikož je ale úloha dobře strukturovaná, nedochází k velkému ovlivnění konečného výsledku, jak je vidět na grafu 5. Celková absolutní odchylka konečného skóre je 0,0233, přičemž hodnoty jsou si v rámci jednotlivých variant velmi podobné. Rozdíl minimální a maximální absolutní odchylky je 0,0053. To znamená, že všechny varianty jsou stejně náchylné ke změnám skóre.



Graf 5: srovnání výsledného skóre u použitých metod úlohy Stavba rychlostní silnice R35

Odlíšné výsledky můžeme vidět u první úlohy a tou je přestavba Pardubického plaveckého bazénu. Tato úloha již není tak dobře strukturovaná a především díky variantám B a C, které jsou velmi vyrovnané, dochází v různých metodách k výběru jiné nejlepší varianty. Celková absolutní odchylka je v tomto případě 0,015. To je sice méně než v prvním případě, jenže zde je 2,5 krát méně kritérií. Dále je zajímavý rozdíl mezi nejmenší a největší absolutní odchylkou jednotlivých variant. Ten je 0,011, což je způsobeno tím, že výsledek varianty C je pouze velmi málo ovlivněn použitou metodou. Tento rozdíl těchto dvou úloh může být dílem náhody, ale může také znamenat rozdíl mezi dobře strukturovanou a málo strukturovanou úlohou. V málo strukturované úloze může hrát větší roli subjektivní pohled, který různě hodnotí dvě varianty v rámci jednotlivých metod.



Graf 6: skóre variant podle použitých metod úlohy Přestavba Pardubického bazénu

Celkově se metody jeví jako velmi robustní. Při snaze o objektivitu při ohodnocení variant a kritérií každá z nich poskytuje výsledky adekvátní jejímu matematickému základu. Čtyřúrovňové AHP se jeví jako lepší pro větší počet kritérií, ale pouze v případě, že kritéria ve skupinách nemají velmi odlišnou váhu. Pokud tomu tak je, je lepší použít tříúrovňové AHP nebo Fullerův trojúhelník. Největší výhodou fuzzy AHP je zachycení neurčitosti, která je

zvláště vidět při grafickém zpracování. Proto bych ho zvolil především tam, kde se dají očekávat dynamické změny v budoucnu, protože je proti těmto změnám více odolná než ostatní metody.

Závěr

Závěr věnuji nejdůležitějším bodům mé práce. Oblast DBE je velice rozsáhlá a mým cílem ji nebylo celou popsat, zmínil jsem pouze pár základních skutečností tak, abych nastínil můj přístup k této problematice. V budoucnu se pravděpodobně budeme setkávat s dalšími pracemi na toto téma, jejichž řešitelé si mohou vybrat odlišný přístup, než jsem zvolil já. Přesto je znalostní management jednou z nejdůležitějších součástí DBE. Proto jeho popisu věnuji v úvodu více prostoru. Stejný prostor mají systémy pro podporu rozhodování, jejichž základní prvky a matematický základ jsou také krátce popsány tak, aby to korespondovalo s vytvořeným programem.

Ten byl naprogramován s ohledem na skutečnost, že se jedná o open source software. Jeho používání je stále podmíněno určitými znalostmi v oblasti systémů pro podporu rozhodování. Především neobsahuje nápovědu. Dále zobrazuje celkové výsledky včetně ohodnocení kritérií a variant. V případě použití nekvalifikovanou osobou by bylo vhodné zobrazovat pouze výsledné skóre variant a také jeho grafickou podobu. Ta je důležitá především u fuzzy AHP, ale velmi dobře poslouží pro rychlou orientaci ve výsledcích i u ostatních metod.

Dále je potřeba zmínit skutečnost, že provedená automatizace stejně jako samotný program neprošly dlouhodobým testováním, které by mohlo odhalit možné chyby. Přes velké množství výpočtů především konzistence Saatyho matic, které vykazovaly dobré výsledky, není možné zaručit bezchybnost. Indexy konzistence i velkých matic dosahovaly maximálních hodnot do 0,05. Průměrný konzistenční index pak dosahoval ještě výrazně nižších hodnot a nikdy nepřekročil hranici 0,04.

Fullerův trojúhelník je použit pouze jako základ této metody. Především je převeden do podoby matice. Je možné zadat, že dvě kritéria či varianty mají stejnou preferenci. V tom případě se do jejich řádku a sloupce vyplní hodnota 0,5. Největší zásah do této metody pak znamená výpočet vah jak variant, tak kritérií. Na hlavní diagonálu se zapisuje číslo 0,5. To vychází z předešlé premisy o zápisu hodnoty 0,5 pro stejná kritéria. Dále odstraňuje problém s tím, že poslední varianta či kritérium má nulovou hodnotu. Obvyklý způsob přepočtu, který znamená přidání jednoho teoretického členu s nulovou hodnotou, není pro automatické zpracování příliš vhodný. Pokud by však bylo potřeba změnit metodu tak, aby přesně odpovídala Fullerovu trojúhelníku, stačí změnit hodnotu v mnou vytvořeném vnořeném cyklu na 1 místo 0,5. Tato úprava je v přílohách popsána v poznámkách.

V poslední kapitole pak uvádím dva příklady. Přestavba Pardubického plaveckého bazénu je málo strukturovaná úloha se všemi typickými charakteristikami, kterými jsou

relativně malý počet kritérií, slovní proměnné, rozhodování není podmíněno dokonalou znalostí problému. Na této úloze je ukázáno ovládnání programu a použití jednotlivých metod. Výsledky mají také pouze doporučující charakter. Ty jsou navíc zpracovány i graficky v programu Microsoft Excel tak, aby měl čtenář představu o fungování programu a také, abych naznačil možná grafická řešení zobrazení výsledků.

Druhá úloha je již dobře strukturovaná. Přestože se tento typ již dá řešit zas pomocí algoritmů popřípadě lineárního programování, je zde vidět, že systémy pro podporu rozhodování jsou stejně tak vhodným nástrojem. Určitým problémem bylo stanovení preferencí kritérií z důvodu, že nejsem expert v oblasti silničního stavebnictví. Proto jsou tyto preference stanoveny odhadem s ohledem na zdravý rozum. Je zde zobrazena Saatyho matice prvního stupně, takže je možné zkontrolovat automatizaci programu při vytváření této matice.

V této úloze mě překvapila metoda čtyřúrovňového AHP, jejíž váhy preferencí byly, při snaze o zachování stejného pořadí v rámci skupin kritérií jako u ostatních metod, značně nerovnoměrné. Jednoznačný závěr však nelze vyvozovat z jednoho příkladu, a pokud existuje určitá slabina této metody, tak především v okamžiku, kdy jsou velmi rozdílné preference v rámci jednotlivých skupin kritérií. Není vyloučeno, že nezkušený uživatel určí váhu jednoho kritéria vyšší než je 0,5.

Cíl práce, tedy vytvoření jednoduše ovladatelného programu, který poskytne uživateli podporu při rozhodování, byl splněn. Především je však nutné, aby uživatel rozhodoval v oblasti, ve které se alespoň částečně orientuje, protože v tomto případě sebelepší nástroj neznamená nic bez zdravého rozumu.

Bibliografie

Literatura

- [1] - BUREŠ Vladimír. *Znalostní management a proces jeho zavádění. Průvodce pro praxi*. Praha, 2007. ISBN: 978-80-247-1978-8
- [2] - COLLISON, CH., PARCEL, G., *Knowledge management*. Brno, 2005. ISBN: 80-251-0760-4
- [3] - DUDORKIN, Jiří. *Systémové inženýrství a rozhodování*. Praha, 1995. ISBN: 80-01-01329-4
- [4] - FOŘT, J., PÍŠEK, M. . *Exaktní metody ekonomického rozhodování*. Praha, 1986.
- [5] - FOTR J., ŠVECOVÁ L., DĚDINA J., HRŮZOVÁ H., RICHTER J., *Manažerské rozhodování*. Praha, 2006, ISBN 80-86929-15-9
- [6] - MOSS, L.,T., ATRE, A. *Business Intelligence Roadmap – The Complete Project Lifestyle for Decision-Support Applications*. 2005, Boston. ISBN: 0201784203
- [7] - NACHIRA f. et al. (eds.). *Digital Business Ecosystem*. 2007
- [8] - RAO, M. *Knowledge management tools and techniques: practitioners and experts evaluate KM solutions*. 1st ed. 2005. ISBN 0-7506-7818-6
- [9] - RAMÍK, Jaroslav. *Vícekritériální rozhodování - analytický hierarchický proces (AHP)*. Karviná, 1999. ISBN: 80-7248-047-2
- [10] - TURBAN, E., ARONSON, J.,E., LIANG, T.,P. . *Decision Support Systems and Intelligence Systems 7th Edition*. 2005, New Jersey. ISBN: 0-13-046106-7

Internetové zdroje

- [11] - Zápis ze 13. řádného zasedání Zastupitelstva města Pardubic ze dne 11. 3. 2008 [online] [cit. 2009-6-30] dostupné na:
<http://www.pardubice.eu/urad/radnice/zastupitelstvo/zapisy/2008/zmp-13/zapis.pdf>
- [12] - Příloha č. 1 k zápisu ze 13. řádného zasedání Zastupitelstva města Pardubic ze dne 11. 3. 2008 [online] [cit. 2009-6-30] dostupné na:
<http://www.pardubice.eu/urad/radnice/zastupitelstvo/zapisy/2008/zmp-13/priloha-01.pdf>

[13] - Příloha č. 2 k zápisu ze 13. řádného zasedání Zastupitelstva města Pardubic ze dne 11. 3. 2008 [online] [cit. 2009-6-30] dostupné na:

<http://www.pardubice.eu/urad/radnice/rada/zapisy/2008/rmp-31/priloha-02.pdf>

[14] - Studie o stavbě rychlostní silnice R35 [online] [cit. 2009-5-24] dostupné na:

<http://www.r35.ecn.cz/index2.php?pg=stud&show=list&id=lap3>

[15] – Visual Studio 2008 Express Edition [online] [cit. 2009-5-11] dostupné na:

<http://www.microsoft.com/cze/msdn/produkty/vstudio/ExpressEditions/default.mspx>

[16] – Visual Studio 2008 Express Edition [online] [cit. 2009-8-20] dostupné na:

<http://www.vbtutor.net/vb2008/vb2008tutor.html>

Seznam zkratk

AHP	Analyticko-hierarchický proces
DBE	Digital Business Ecosystem
KM	knowloedge management
3lvl.AHP	tříúrovňový analyticko-hierarchický proces
4lvl.AHP	čtyřúrovňový analyticko-hierarchický proces

Seznam obrázků

Obrázek 1: prvky managementu znalostí (zdroj: Collison-Parcel 2005, str. 23)...	5
Obrázek 2: model rozhodování úlohy Přestavba bazénu.....	20
Obrázek 3: dialogové okno Fullerovy metody s pořadím kritérií úlohy Přestavba bazénu	23
Obrázek 4: dialogové okno Fullerovy metody s hodnocením variant úlohy Přestavba bazénu.....	24
Obrázek 5: okno Fullerovy metody s výsledným ohodnocením variant úlohy Přestavba bazénu.....	24
Obrázek 6: pořadí a rozdíly mezi kritérii 3-úrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu	26
Obrázek 7: ohodnocení variant tříúrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu.....	27
Obrázek 8: výsledné skóre tříúrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu.....	28
Obrázek 9: zadání kritérií a variant u čtyřúrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu	29
Obrázek 10: zadávání preferencí kritérií ve skupinách čtyřúrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu.....	29
Obrázek 11: výsledné hodnocení variant čtyřúrovňového AHP úlohy Přestavba bazénu	30
Obrázek 12: ohodnocení kritérií metodou Fuzzy AHP úlohy Přestavba bazénu.	30
Obrázek 13: ohodnocení variant metodou Fuzzy AHP úlohy Přestavba bazénu	31
Obrázek 14: výsledek Fuzzy AHP úlohy Přestavba bazénu.....	32
Obrázek 15: model rozhodování stavby rychlostní silnice R35.....	32
Obrázek 16: výsledek metody Fullerova trojúhelníku úlohy stavby rychlostní silnice R35.....	38
Obrázek 17: výsledné skóre variant metodou tříúrovňového AHP úlohy Stavba rychlostní silnice R35.....	39
Obrázek 18: výsledné skóre metody čtyřúrovňového AHP úlohy Stavba rychlostní silnice R35.....	40
Obrázek 19: výsledné skóre metody Fuzzy AHP úlohy Stavba rychlostní silnice R35	42

Seznam tabulek

Tabulka 1: Hodnocení variant v rámci kritérií úloha Přestavba bazénu.....	22
Tabulka 2: pořadí kritérií.....	23
Tabulka 3: rozdíly mezi kritérii úlohy Přestavba bazénu.....	26
Tabulka 4: Saatyho matice 1. stupně úlohy Přestavba bazénu.....	26
Tabulka 5: ohodnocení variant fuzzy číslem úloha Přestavba bazénu.....	31
Tabulka 6: varianty stavby rychlostní silnice R35.....	36
Tabulka 7: pořadí kritérií podle důležitosti.....	37
Tabulka 8: Saatyho matice 1. stupně úlohy Stavba rychlostní silnice R 35.....	38
Tabulka 9: ohodnocení variant metodou tříúrovňového AHP úlohy Stavba rychlostní silnice R35.....	39
Tabulka 10: ohodnocení kritérií a variant čtyřúrovňového AHP úloha Stavba rychlostní silnice R35.....	40
Tabulka 11: ohodnocení kritérií a variant metoda Fuzzy AHP úloha Stavba rychlostní silnice R35.....	40

Seznam grafů

Graf 1: výsledné skóre v grafickém provedení.....	25
Graf 2: váhy variant podle jednotlivých kritérií úlohy Přestavba bazénu.....	25
Graf 3: váhy variant podle jednotlivých kritérií metoda tříúrovňového AHP úloha Přestavba bazénu.....	28
Graf 4: rozdíl mezi vahou kritérií u použitých metod úlohy Stavba rychlostní silnice R35.....	42
Graf 5: srovnání výsledného skóre u použitých metod úlohy Stavba rychlostní silnice R35.....	43
Graf 6: skóre variant podle použitých metod úlohy Přestavba Pardubického bazénu.....	44

Přílohy

Příloha 1: vytvoření a spočítání matice kritérií Fullerova trojúhelníku

```
Private Sub ComputeCriterionWeights()
    ' Dim criterionMatrix(FullerTriangleModule.KMaximumCriteriaCount,
    FullerTriangleModule.KMaximumCriteriaCount) As Double
    Dim rowSum(FullerTriangleModule.KMaximumCriteriaCount) As Double
    Dim fullSum As Double
    For i = 1 To iDef.iCriteriaCount
        ' criterionMatrix(i, i) = 0.5, in case of need typical Fuller
        triangle, change value 0,5 on 1
        rowSum(i) = rowSum(i) + 0.5
        fullSum = fullSum + 0.5
        For j = i + 1 To iDef.iCriteriaCount
            rowSum(i) = rowSum(i) + 1
            fullSum = fullSum + 1
            'criterionMatrix(i, j) = 1

            rowSum(j) = rowSum(j) + 0
            fullSum = fullSum + 0
            ' criterionMatrix(j, i) = 0
        Next
    Next
    For i = 1 To iDef.iCriteriaCount
        iCriterionWeight(i) = rowSum(i) / fullSum
    Next
End Sub
```

Příloha 2: výpočet konečné hodnoty skóre Fullerova trojúhelníku

```
Private Sub computescore(ByRef def As BasicDef1, ByRef criterionWeight() As
Double, ByRef normalVariantMatrix(,) As Double) As
Double
    Dim variantScores(FullerTriangleModule.KMaximumVariantsCount) As
Double
    For i = 1 To def.iCriteriaCount
        For j = 1 To def.iVariantsCount
            variantScores(j) = variantScores(j) + criterionWeight(i) *
normalVariantMatrix(j, i)
        Next
    Next
    For j = 1 To def.iVariantsCount
        Me.DataGridView1.Rows(j + 1).Cells(def.iCriteriaCount +
1).Value = variantScores(j)
    Next
End Sub
```

Příloha 3: vytvoření matice kritérií tříúrovňového AHP

```

Private Sub ComputeCriterionWeights()
    Dim partialSums (Lvl3AHModule.KMaximumVariantsCount) As Double
    Dim var As Integer
    Dim var1 As Integer

    var = 1
    Dim weight As Integer = ComboBoxCriterionDifference.SelectedIndex()
+ 1
    'spocti celkovy soucet nerovnosti
    Dim sum As Integer
    For var1 = var To CriteriaCount - 1
        sum = sum + Criteria(var1).GetEquality()
        partialSums(var1) = sum
    Next

    iCriteriaWeights(var, var) = 1
    For var1 = var + 1 To CriteriaCount
        iCriteriaWeights(var, var1) = 1 + partialSums(var1 - 1) *
(weight / sum)
        iCriteriaWeights(var1, var) = 1 / (1 + (partialSums(var1 - 1)
* (weight / sum)))
    Next

    For var = 2 To CriteriaCount
        Dim rozdil As Double = iCriteriaWeights(1, var) - 1
        iCriteriaWeights(var, var) = 1
        For var1 = var + 1 To CriteriaCount
            iCriteriaWeights(var, var1) = iCriteriaWeights(1, var1)
- rozdil
            iCriteriaWeights(var1, var) = 1 / iCriteriaWeights(var,
var1)
        Next
    Next
End Sub

```

Příloha 4: třída Fuzzy Number

```

Class FuzzyNumber
    Public iLeft As Integer
    Public iBase As Integer
    Public iRight As Integer
    Public Sub New()
        iBase = 1
        iLeft = 0
        iRight = 2
    End Sub
    Public Sub New(ByVal Base As Integer)
        If (Base = 0) Then
            iBase = 0
            iLeft = 0
            iRight = 0
        Else
            iBase = Base

```

```
        iLeft = Base - 1
        iRight = Base + 1
    End If

End Sub

Public Sub New(ByRef FuzzyNr As FuzzyNumber)
    iLeft = FuzzyNr.iLeft
    iRight = FuzzyNr.iRight
    iBase = FuzzyNr.iBase
End Sub

Public Shared Operator +(ByVal fn1 As FuzzyNumber, _
    ByVal fn2 As FuzzyNumber) As FuzzyNumber
    Dim Result As FuzzyNumber = New FuzzyNumber()
    Result.iLeft = fn1.iLeft + fn2.iLeft
    Result.iRight = fn1.iRight + fn2.iRight
    Result.iBase = fn1.iBase + fn2.iBase

    Return Result
End Operator

Public Shared Operator *(ByVal fn1 As FuzzyNumber, _
    ByVal fn2 As FuzzyNumber) As FuzzyNumber
    Dim Result As FuzzyNumber = New FuzzyNumber()
    Result.iLeft = fn1.iLeft * fn2.iLeft
    Result.iRight = fn1.iRight * fn2.iRight
    Result.iBase = fn1.iBase * fn2.iBase

    Return Result
End Operator

End Class
```